

UNIVERSIDAD DE A CORUÑA
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

SISTEMA DE APOYO A LA DECISION
PARA LA SELECCION DE CONTRATISTAS
BASADO EN LA TECNICA DEL
CONTROL BORROSO

TESIS DOCTORAL

RICARDO JAVIER BENDAÑA JACOME
INGENIERO INDUSTRIAL

2002

UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

SISTEMA DE APOYO A LA DECISIÓN
PARA LA SELECCION DE CONTRATISTAS
BASADO EN LA TÉCNICA DEL CONTROL BORROSO

TESIS DOCTORAL

Ricardo Javier Bendaña Jácome
Ingeniero Industrial

2002

UNIVERSIDAD DE LA CORUÑA
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

SISTEMA DE AYUDA A LA DECISIÓN
PARA LA SELECCIÓN DE CONTRATISTAS
BASADO EN LA TÉCNICA DEL CONTROL BORROSO

TRABAJO FIN DE GRADO

Alcides Rodríguez Rodríguez
DNI: 40000000-0

2017

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL II
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

SISTEMA DE APOYO A LA DECISION
PARA LA SELECCION DE CONTRATISTAS
BASADO EN LA TECNICA DEL CONTROL BORROSO

Autor:

Ricardo Javier Bendaña Jácome
Ingeniero Industrial

Directores:

M^a Pilar de la Cruz López
Doctor Ingeniero Industrial
Profesor Titular de Universidad.

Alfredo del Caño Gochi
Doctor Ingeniero Industrial
Catedrático de Universidad.

2002

DEPARTAMENT D'INSTRUMENTS DE TREBALL
ESCUELA DE INGENIERIA DE SISTEMAS

SISTEMA DE APOYO A LA DECISION
PARA LA SELECCION DE CONTRATISTAS
BASADO EN LA TECNICA DEL CONTROL BORROSO

Alonso, J. L.
Sistema de apoyo a la decisión para la selección de contratistas basado en la técnica del control borroso.

Trabajo de grado
Presentado al Departamento de Instrumentos de Trabajo
Escuela de Ingeniería de Sistemas
Universidad de Zaragoza

Trabajo de grado
Presentado al Departamento de Instrumentos de Trabajo
Escuela de Ingeniería de Sistemas
Universidad de Zaragoza

Alonso, J. L.

El presente trabajo tiene como objetivo principal el desarrollo de un sistema de apoyo a la decisión para la selección de contratistas basado en la técnica del control borroso.

El sistema de apoyo a la decisión se desarrolló en el lenguaje de programación Visual Basic 6.0, utilizando la biblioteca de control borroso de la Microsoft Office Excel 2000.

Los resultados obtenidos demuestran que el sistema de apoyo a la decisión desarrollado es capaz de seleccionar al contratista más adecuado para un proyecto de construcción.

Palabras clave: Selección de contratistas, control borroso, Visual Basic 6.0, Microsoft Office Excel 2000.

RESUMEN

ABSTRACT

Palabras clave:

Sistema de apoyo a la decision para la seleccion de contratistas
basado en la técnica del control borroso

Ricardo Javier Bendaña Jácome

© Ricardo Javier Bendaña Jácome, 2002

Edición: Ricardo Javier Bendaña Jácome
Rúa Bellao, 6 bajo.
32001 Ourense

Reservados todos los derechos. Este texto no podrá ser reproducido, almacenado en un sistema documental, ni transmitido en formato alguno ni por medios electrónicos, mecánicos fotocopias, grabaciones o cualquiera otro medio, ni total ni parcialmente, sin el previo permiso escrito del autor-editor.

Agradecimientos:

A Pilar y Alfredo.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN, RELEVANCIA, UTILIDAD Y FORMULACIÓN DE LA TESIS.

1. Introducción.
2. Relevancia y utilidad de la tesis planteada.
3. Formulación de la Tesis.
4. Cumplimiento de requisitos sobre trabajos científicos por parte de esta Tesis.

CAPÍTULO 2.

LA SELECCION DE CONTRATISTAS. ANTECEDENTES. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1. Introducción.
2. La situación actual en España.
3. La situación en otros países.
4. El sistema tradicional de ofertas.
5. El problema de la subjetividad.
6. Procesos de cualificación y evaluación de ofertas.
7. La solución propuesta.
8. Originalidad de la solución propuesta.

CAPÍTULO 3.

LOS CONJUNTOS BORROSOS Y LA LOGICA DIFUSA.

1. Introducción.
2. Los tipos de incertidumbre.
3. Sistemas expertos. Inteligencia artificial.
4. La lógica difusa.
5. Los conjuntos borrosos.
 - 5.1. Generalización de la idea de conjunto. El conjunto borroso.
 - 5.2. Definiciones fundamentales.
 - 5.3. Variables lingüísticas.
 - 5.4. Tipos de funciones de pertenencia de conjuntos borrosos.
 - 5.5. Particiones borrosas.
 - 5.6. Números fuzzy triangulares y trapezoidales.
 - 5.7. Modificadores lingüísticos.
 - 5.8. Propuesta de modificadores lingüísticos para NTD y NTrD.
 - 5.9. Operaciones básicas con conjuntos borrosos..
6. El Principio de extensión.
7. Relaciones borrosas.

8. Composición borrosa.
 - 8.1 Interpretación gráfica de la composición borrosa.
 - 8.2. Interpretación matricial de la composición borrosa.
9. La implicación material.
10. La implicación borrosa.
11. La teoría del razonamiento aproximado.
Inferencia desde proposiciones difusas condicionales.
 - 11.1. Razonamiento aproximado con múltiples condiciones.
 - 11.2. Sistemas borrosos basados en reglas.
 - 11.3 Mecanismos de razonamiento difuso.
 - 11.3.1. El mecanismo de Mamdani.
 - 11.3.2. El mecanismo de Tsukamoto.
 - 11.3.4. Mecanismo de Larsen.
12. La automatización del razonamiento. Los sistemas o controladores borrosos.
 - 12.1. Estructura general de un sistema borroso.
 - 12.2. Definición de variables de entrada.
 - 12.3. Definición de variables de salida
 - 12.4. Proceso de borrosificación.
 - 12.5. Creación de la base de reglas.
 - 12.6. Motor de inferencia borrosa.
 - 12.7. Desborrosificación.
13. Universalidad de los controladores borrosos.
14. Un ejemplo práctico ilustrativo.

CAPÍTULO 4.

UNA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DEL CONTROL BORROSO EN LA TOMA DE DECISIÓN PARA LA SELECCIÓN DE CONTRATISTAS.

Contenido:

1. El proceso de diseño y sus fases.
2. Las variables escogidas. Tipos de variables.
3. Morfología de las variables.
4. Las variables de entrada al sistema.
5. Las variables de abstracción. Capas intermedias.
 - 5.1. Variables de la primera capa.
 - 5.2. Variables de la segunda capa.
 - 5.3. La variable de evaluación final.
6. La base de conocimiento experto.
 - 6.1. La construcción de la base de reglas.
 - 6.2. El método de agregación de la parte SI ... Y ... Y ...
 - 6.3. La agregación de reglas.
7. Las políticas de decisión.
8. El flujo de datos.
9. Un método sistemático para la creación de una base de reglas.
10. La solución final.

11. Los bloques de reglas.

CAPÍTULO 5.

UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA DE LA TÉCNICA DEL CONTROL BORROSO EN LA TOMA DE DECISION PARA LA SELECCIÓN DE CONTRATISTAS.

Contenido:

1. Introducción.
2. Objetivos.
3. El lenguaje escogido.
4. El organigrama de la aplicación.
5. La interfase de la aplicación.
6. Los menús de la aplicación.
7. Las ayudas al usuario.
8. El código fuente.

CAPÍTULO 6.

CONCLUSIONES, APORTACIONES Y FUTUROS DESARROLLOS.

Contenido:

1. Conclusiones
2. Aportaciones y cumplimiento de objetivos
3. Futuros desarrollos

ANEXO I.

DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE ENTRADA AL SISTEMA CONSTRUIDO.

Contenido:

1. Introducción.
2. Descripción detallada de las variables de entrada al sistema.

ANEXO II.

BASE INICIAL DE CONOCIMIENTO EXPERTO.

Contenido:

1. Introducción.
2. La base de conocimiento experto

ANEXO III.

CÓDIGO FUENTE DE LA UNIDAD PRINCIPAL DE LA APLICACIÓN.

Contenido:

1. Introducción.
2. El código fuente.

ANEXO IV.

PRUEBAS REALIZADAS A LA APLICACIÓN.

Contenido:

1. Introducción.
2. Algunas casos concretos.

CURRICULUM VITAE.

RESUMEN

Con excesiva frecuencia la selección de contratista tanto en contratación pública como privada se ha basado en la consideración de la oferta más baja en un proceso ineficiente e ineficaz en el que no se tenían en cuenta otros criterios (solvencia técnica, historial adaptado a la obra presente, referencias de clientes, etc.) o bien éstos no tenían apenas importancia. En contratación privada esto ha obedecido muchas veces a falta de cultura de proyecto (madurez organizativa), en muchas ocasiones debida a una insuficiente profesionalización de la dirección de la empresa. Es obvio que en determinadas ocasiones este sistema es adecuado, siempre y cuando haya habido anteriormente una preselección de contratistas y la obra sea sencilla y rutinaria, pero en la realidad dicha preselección no ha sido muy frecuente. En contratación pública en España los políticos la han usado también con demasiada frecuencia quizá debido más a su «limpieza» teórica que a su simplicidad. Por otro lado, es notorio que el sistema público español de clasificación de contratistas no funciona correctamente e, incluso, no está bien concebido.

Surge entonces la necesidad de establecer otros criterios que junto con el precio sirvan como criterios para seleccionar la contrata más apropiada en base a los objetivos del que contrata, plazo, coste y calidad. A su vez, ya que la cantidad de criterios que entran en juego es bastante elevada, surge también la necesidad de desarrollar un sistema que sea capaz de llevar a cabo una evaluación de forma automática y consistente que sirva de herramienta de apoyo a la decisión final.

Las principales aportaciones de esta Tesis estriban en:

- La definición de unos criterios de evaluación concretos basados en los objetivos del cliente que servirán para clasificar a los distintos ofertantes.
- La utilización de la teoría de los conjuntos borrosos para definir particiones en base a etiquetas lingüísticas de fácil asignación en variables que son de difícil medición numérica.
- La utilización de la tecnología del control borroso basada en los controladores difusos, para el apoyo a la toma de decisiones, de forma similar a como estos sistemas toman acciones de control en sistemas físicos.
- La creación de una metodología sistemática para la realización de la base de reglas, que en estos casos presenta la dificultad del gran número de reglas que se necesitan dado que el conjunto de variables de entrada suele ser bastante elevado.
- La creación de una aplicación informática que realiza todo el proceso de evaluación de forma automática permitiendo la consistencia y estabilidad del comportamiento.
- Que se permite además definir políticas de comportamiento en función de los objetivos prioritarios de tal manera que el sistema responderá de forma diferente ante los mismos valores de entrada según la política escogida.

Palabras clave: selección de contratistas, preselección, clasificación, control borroso, lógica borrosa.

SUMMARY

With excessive frequency the selection contractor so much in public contracting as private it has been based on the consideration of the lowest tender in an inefficient and ineffective process in which were not had in it counts other criteria (technical solvency, adapted record to the present work, references given by clients, etc.) or these didn't hardly have importance. In private contracting this has obeyed many times for lack of project's culture (organizational maturity), in many occasions this is due to an insufficient professionalization in the company management. It is obvious that in certain occasions this sistema is adapted, provided there has been a preselection of contractor and the work is simple and routine, but in the reality this preselection it has not been very frequent. In public contracting in Spain the politicians have used it also maybe with too much frequency due more to its «cleaning» theoretical that to their simplicity. On the other hand, it is notorious that the Spanish public system for contractors classification it doesn't work correctly and, even, it is not well conceived.

Then, it arises the necessity for to find another criteria that are good as approaches to select together with the price the more appropriate contractor based on the client' objectives, time, cost and quality. In turn, because the quantity of criteria it is quite high, it arises the necessity for to develop a system that is capable to carry out an evaluation automatic and to give support to the final decision.

The main contributions give this Thesis they rest in:

- The definition of evaluation criteria concretes based on the client' objectives and that they will be good to classify to the different bidders.
- The use of fuzzy sets to define partitions based on linguistic labels for easy assignment in variables that are difficult numeric mensuration.
- The use of fuzzy control based on the fuzzy systems, for the support to the taking of decisions, like this systems take control actions in physical systems.
- The creation of a systematic methodology for the creation of a knowledge base, that in these cases it presents great difficulty due to the great number of rules that are needed since the input variables it is usually quite high.
- The creation of a computer application that carries out the whole process of evaluation in automatic form allowing the consistency and stability of the behavior.
- That is allowed to define politics of behavior in function of the high-priority objectives such a way that the sistema will respond in different form for the same input values according to the chosen policy.

Keywords: selection contractor, preselection, contractor qualification, fuzzy control, fuzzy logic.

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN, RELEVANCIA, UTILIDAD Y FORMULACIÓN DE LA TESIS.

Contenido:

1. Introducción.
2. Relevancia y utilidad de la tesis planteada.
3. Formulación de la Tesis.
4. Cumplimiento de requisitos sobre trabajos científicos por parte de esta Tesis.

CAPÍTULO 1.

INTRODUCCIÓN, RELEVANCIA, UTILIDAD Y FORMULACIÓN DE LA TESIS.

1. INTRODUCCIÓN.

Diversos autores (Alsina, 1992; Aranda et al, 1993; Castro, 1994; Esteva, 1992; Kosko, 1993; Martín y Sanz, 1997; Sobrino, 1992; Valverde, 1992; Terricabras, 1992; Trillas, 1994; Verdegay, 1994; Zadeh, 1965; entre otros muchos) han tratado las bases de la matemática y de la lógica difusas y sus aplicaciones genéricas al control difuso de procesos y sistemas (García, 1992; Gutiérrez y Ruiz, 1994; Martín y Sanz, 1997; Ollero, 1992; entre otros) y a la toma de decisiones (Delgado, 1992; Dubois y Prade, 1995; Kaufmann y Gupta, 1988; Verdegay, 1994*; Zadeh et al, 1975; entre otros).

Dentro del campo de la dirección de proyectos, una gran diversidad de autores están tratando de aplicar la matemática y la lógica difusas para mejorar las técnicas de selección multicriterio (Hipel, 1982; Nieto y del Caño, 1991; de la Cruz, 1998) de alternativas de proyectos (del Caño, 1992; del Caño y de la Cruz, 1993; Coffin y Taylor, 1996; Molenaar y Songer, 1998), análisis económico-financiero (Ward, 1985; entre otros), control del plazo (Coffin y Taylor, 1996; Gazdik, 1983; McCahon, 1993; Wu y Hadipriono, 1994; entre otros), control genérico del proyecto por medio de controladores borrosos (Ebert, 1997), evaluación de ofertas (Nguyen, 1985; entre otros), análisis de riesgos (Diekmann, 1992; Kangary y Boyer, 1987; Kangary y Leland, 1987; Tah, 1997; entre otros), e incluso empieza a haber ciertas herramientas informáticas genéricas para ayudar en el cálculo con lógica difusa bien como aplicaciones autónomas, bien como módulos adicionales a herramientas como MatLab, Fuzzytech o similares.

Por otro lado, en lo relativo a controladores borrosos y su aplicación a la toma de decisiones en la selección de contratistas, existen diversos autores que han trabajado en este tema, estableciendo criterios adecuados para la selección genéricamente y en el entorno privado (Chinyio et al, 1998; Taha et al, 1998; Ng y Skitmore, 2001; Pack et al, 1992; Russel y Skibniewski, 1988; Construction Industry Board, 1997; Rankin et al, 1996; Palaneeswaran y Kumaraswamy, 2000; Hiltz, 1998), o en la Administración Pública en España y en otros países (Consejería de Política Territorial, Obras Públicas y Vivienda, 2000; Ministerio de Hacienda, 2000; Bouchon y Cossalter, 1999; Commission of The European Communities, 1992; Department of Transportation, 2000; European Commission, 1997; République Française, 1998).

De todas estas referencias son escasas las que, como Russel y Skibniewski (1988), definen de forma mínimamente satisfactoria un conjunto adecuado de criterios de selección; aún así, en esta Tesis se define un conjunto de criterios más amplio que el cubierto por cualquiera de las publicaciones referidas. Y dichos criterios se definen con mayor detalle y rigor.

Por otro lado, existen diferentes técnicas cuantitativas para ayudar al decisor en la selección multicriterio de alternativas, desde las más tradicionales basadas en tablas con valoraciones y ponderación hasta las que aquí se van a referir. Las técnicas de control borroso, redes neuronales y algoritmos genéticos se han aplicado con profusión y éxito en el control en ingeniería eléctrica

y mecánica. En el caso de los controladores borrosos, por ejemplo, esto es así porque, probablemente, se ha empezado antes en dichos campos y, sin duda, a que las redes que hay que generar para dichos controladores tienen pocas variables de entrada (entre tres y diez, la mayoría), y a que el número de reglas suele ser moderado ya que muchas posibles reglas no van a existir por suponer incompatibilidades con las leyes físicas. De todos modos en esos campos existen dificultades que no van a existir en el apoyo a la decisión humana, como la necesidad de que el sistema eléctrico o mecánico sea estable con miles de acciones de control por minuto o por segundo, o como la complejidad a la hora de desborrosificar para establecer el control del sistema por medio de acciones concretas, no difusas.

Muchos autores plantean las bases de la lógica difusa y su aplicación al control difuso, pero probablemente pocos o ninguno lo hacen de una manera tan clara y sólida como Cox (1994), Klir y Yuan (1995), McNeill y Thro, (1994), Passino y Yurkovich (1998) y Von Altrok (1995).

Por otro lado diversos autores como Chinyio et al (1998), Russel y Skibniewski (1988), Palaneeswaran y Kumaraswamy (2000), o Consejería de Política Territorial, Obras Públicas y Vivienda (2000), entre otros, plantean la selección multicriterio de contratistas desde puntos de vista más o menos tradicionales. Otros autores como Pack et al (1992), usan en dicha selección herramientas del álgebra de los conjunto borrosos, pero no lógica difusa. Von Altrok (1995) plantea ya la aplicación de la matemática y la lógica borrosas a la toma de decisiones en el entorno empresarial, pero no a la selección de contratistas. Finalmente, otros como Haykin (1999), Skapura (1995) y Taha et al (1998), van un paso más allá y tratan las redes neuronales y los algoritmos genéticos e incluso tratan a nivel teórico (Taha et al, 1998) su aplicación en este campo.

De todas maneras, no se ha encontrado ninguna publicación concreta sobre el tema que aquí se trata (aplicación de controladores difusos en la selección de contratistas) y, si bien Von Altrok (1995) dice tener conocimiento de aplicaciones en la toma de decisiones, en ningún momento da datos claros al respecto y, por otro lado, queda claro que se trata de aplicaciones muy sencillas con pocas variables de entrada. Esto tiene mucha importancia por lo que se va a relatar a continuación.

Habitualmente la selección de contratista tanto para obra pública como para contratación privada se ha basado en la oferta más baja. La propiedad puede utilizar esta fórmula por su simplicidad y limpieza en el proceso de adjudicación. Conforme crece la madurez del propietario, más cuidado pone éste en la contratación de obras, abandonando el precio como criterio único y seleccionando contratistas con arreglo a diferentes criterios. Sin embargo, los controladores borrosos en el apoyo a la toma de decisiones no cuentan más que con aplicaciones a decisiones muy sencillas con escaso número de criterios.

El problema es que, al crecer el número de criterios, el número de reglas crece exponencialmente, hasta ser del orden de millares. Además, es necesario que el controlador contemple diferentes "políticas", y el número de reglas, ya elevado, se multiplica por el número de políticas a contemplar. Una política se configura por medio de un conjunto diferente de reglas del controlador. Es decir, el controlador tiene varios conjuntos completos de reglas, uno por cada política. En la toma de decisiones los controladores necesitan a menudo disponer de varias

políticas. Por ejemplo, un controlador para selección de contratistas puede tener tres políticas:

- Una para cuando el objetivo prioritario del proyecto es el coste.
- Otra para cuando el objetivo prioritario es el plazo.
- Y otra para cuando el objetivo prioritario es la calidad.

Este proyecto desarrolla un controlador borroso profesional, muy completo, para ayuda a los decisores en la selección de contratistas. Se han detectado más de 20 criterios a tener en cuenta en la selección de contratistas tradicionales, en general, lo que implica decenas de miles de millones de posibilidades y miles de reglas. Ello es motivo de un objetivo adicional en el proyecto, que se considera de gran importancia: establecer una metodología para construir miles de reglas en relativamente poco tiempo y con poco esfuerzo.

2. RELEVANCIA Y UTILIDAD DE LA TESIS PLANTEADA.

Con el fin de ilustrar la importancia que tiene el desarrollo de la presente Tesis cabe destacar que los proyectos de construcción afectan además de a las constructoras propiamente dichas, a inmobiliarias, empresas industriales, a la banca y a toda empresa que en determinados y repetidos momentos de su vida empresarial, necesita erigir infraestructuras para su actividad o para las actividades de otras empresas o grupos sociales. La Administración del estado también puede considerarse como una entidad importante en el mundo de la construcción.

La selección apropiada por parte del promotor del proyecto del mejor ofertante que mejor cumpla con los requisitos de la propiedad, es una tarea difícil de consecuencias nefastas si la elección no es la acertada. El volumen de inversiones involucrado normalmente en este tipo de operaciones hace necesario disminuir el riesgo de tomar una decisión equivocada.

La utilización del coste como variable de decisión para la selección se ha demostrado ineficaz y como consecuencia de ello se hace muchas veces cierto el dicho de que a la larga «lo barato es caro». Dada además la propia naturaleza del producto que se trata es claro que una construcción no termina con la ejecución física de la misma. Es muy frecuente comprobar, sobre todo en el caso de grandes proyectos, que se ha terminado en plazo pero se ha gastado el doble de lo presupuestado, o que el proyecto ha necesitado vez y media o dos veces el plazo estimado inicialmente, o que los resultados son de funcionalidad, durabilidad, rendimiento o calidad inferiores a las previstas inicialmente. En otras ocasiones las reclamaciones y conflictos terminan en los tribunales, en los que todos los implicados suelen perder, por cuanto quien termina ganando suele hacerlo después de mucho tiempo y con mucho desgaste.

La selección apropiada en primera instancia del constructor adecuado a la obra que se pretende realizar puede reducir en gran medida los problemas antes apuntados, con todo lo que eso conlleva de reducción de costes, ajuste a plazo y consecución de la calidad deseada. Es cierto que muchos otros factores influirán en la llegada a buen puerto de la construcción, pero si la elección inicial no es la más idónea la probabilidad de tener problemas será mayor.

Habiendo justificado de laguna manera la necesidad de hacer una selección correcta surge el problema, que es la que pretende resolver esta tesis, de encontrar un método que de forma sistemática realice esta labor. Cabe reseñar aquí, como se indicará más adelante, que se han

propuesto diversas alternativas para la realización de esta labor. En España por parte de empresas privadas no se conoce ningún proceso sistematizado para su realización quedando en manos de la experiencia de las personas y a su intuición la elección de la empresa más adecuada. En otros países como E.E.U.U., Canadá, Inglaterra, etc, se han propuesto sistemas de lo más variado, algunos de ellos verdaderamente artificiales basados en complejos sistemas matemáticos.

Por parte de las administraciones la selección se sigue realizando por el procedimiento de la oferta más baja aunque matizada por algunos parámetros como experiencia en obras similares, solvencia económica, etc. Sin embargo el procedimiento de selección carece a nuestro entender de una serie de deficiencias que pueden asociarse al caso de la selección en la empresa privada.

- la asignación numérica del parámetro se hace en intervalos fijos.
- la asignación de un parámetro depende en muchos casos de criterios personales del evaluador.
- la evaluación del parámetro se hace con la asignación de un número de forma discreta.
- la selección final es también en base a una suma ponderada o no de números.
- la selección final se basa en la mera ordenación numérica de la puntuación conseguida.

Todo este proceso se ve a nuestro juicio mejorado con el uso de los conceptos que mas adelante se presentan y que forman la base de la teoría de los conjuntos borrosos la lógica difusa y la teoría del control borroso. Todo ello encaminado a tratar de simular de forma sistemática el comportamiento de un experto.

Ya que las personas razonamos con conceptos y más difícilmente con números, es por ello que estas herramientas conceptuales encajan bien en este proceso. Además en el mundo de la construcción se manejan conceptos que difícilmente se pueden definir con valores numéricos y que sin embargo es relativamente sencillo asignarle una palabra o etiqueta lingüística para definirlo. Se trata pues de conjugar ambos mundos de forma sistemática y crear un sistema capaz de razonar en condiciones de incertidumbre y cuya respuesta ayude a la toma final de decisiones.

Es de notar que también se pretende simular la capacidad que tienen las personas de, ante la misma situación, razonar de forma distinta en función de la situación o el entorno en que nos movamos. Esto se va a realizar a través del concepto de políticas que se definirá más adelante.

Es de notar que en España no existe prácticamente ninguna literatura que enfoque esta problemática bajo este punto de vista. Si existe abundante documentación sobre la teoría del control borroso aplicada a sistemas, así como muchas aplicaciones de la misma sobre microprocesadores que controlan distintos procesos. Sin embargo como se verá, la aplicación a sistemas de ayuda a la decisión tiene unas características propias que hacen necesario una orientación distinta en muchos aspectos y que lo hacen en gran medida más complejo que el caso del control de sistemas. Dicho sea de paso que también no tienen el gran problema vinculado a los sistemas de control como es la estabilidad en el tiempo pues en nuestro caso la acción de control o decisión se toma una vez o un numero de veces relativamente pequeño, sin embargo en un sistema de control hardware se procesan miles de acciones por segundo.

En el resto de países desarrollados las técnicas de control borrosos en sistemas han tenido un avance espectacular surgiendo desde los Estados Unidos y pasando a Japón a través de Europa en países como Alemania e Inglaterra. En los últimos tiempos Japón se ha convertido en estandarte de las aplicaciones de la lógica borrosa para sistemas de control. En lo que respecta a su aplicación en sistemas de apoyo a la decisión el campo es muchísimo más reducido y se encuentran pocas aplicaciones reales que se usen de forma comercial.

2. FORMULACIÓN DE LA TESIS.

Este trabajo tomo como punto de partida una idea desarrollada por la doctora M^a Pilar de la Cruz en su tesis doctoral en la que entre otros temas desarrollaba un sistema basado en la teoría de conjuntos borrosos para la selección multicriterio de alternativas en el estudio de viabilidad de proyectos de inversión desde el punto de vista del promotor, teniendo en cuenta el riesgo en el proyecto.

El alcance u objetivos que se fijaron en su momento para el presente trabajo de investigación y que fueron aprobados por la Comisión de Doctorado de la Universidad de la Coruña consistían en:

- el desarrollo de un sistema de apoyo en la decisión para la selección de contratistas de obras basado en uno o más controladores borrosos en el caso de promotores privados y para el sistema de contratación tradicional (ingeniería / contratación / construcción). Dicho sistema podrá tener uno o más controladores en función de las políticas que finalmente se consideren en relación con la jerarquización de objetivos del proyecto para dicho promotor. Cada política está asociada a un controlador. Es obvio que en determinadas ocasiones va a ser el precio el que mande, pero en otras puede ser el plazo, o la calidad, etc.; puede haber también más de un objetivo prioritario, además de una cierta jerarquización de los objetivos secundarios. El sistema a construir tendrá una concepción global de manera que pueda incluir varias políticas, e incluirá al menos una de ellas.

Este objetivo se debía de alcanzar mediante la realización de las siguientes fases:

- Concepción global del sistema de apoyo a la decisión, como sistema que puede incluir varios controladores, que realiza preguntas para dirigir la rutina a cada uno de ellos y que ofrece al usuario sus conclusiones.

- Determinación de los parámetros o variables de entrada y de salida que se tendrán en cuenta para la evaluación.

- Desarrollo del esquema del controlador que incluye la definición de las variables intermedias o de abstracción así como sus conexiones internas.

- Definición de la base de conocimiento experto a través del desarrollo de la base de reglas.

- Ajuste del mismo a una política definida.

- Prueba final de comportamiento del sistema a través de un conjunto de casos concretos generados al azar.

A mayores de los objetivos propuestos se ha implementado esta solución mediante una aplicación informática denominada APR, que implementa de forma total lo expuesto anteriormente y que queda abierta a posibles ampliaciones.

3. CUMPLIMIENTO DE REQUISITOS SOBRE TRABAJOS CIENTÍFICOS POR PARTE DE ESTA TESIS.

Esta Tesis cumple los requisitos sobre trabajos científicos que son ya tradicionales:

- Versa sobre algo concreto, reconocible, identificable.
- Hasta lo que se puede saber, tras varias búsquedas bibliográficas en una gran diversidad de bases de datos mundiales realizadas en el Servicio de Documentación de la Biblioteca de la Universidad de La Coruña, en internet y en diversas documentaciones, no se ha estudiado con anterioridad en la manera que aquí se hace, en el sentido de que supone varias aportaciones originales al campo de que se trata.
- Se establece un procedimiento sistematizado para la creación de forma secuencial de una base de conocimiento.
- Se crea una aplicación informática inexistente hasta ahora.
- Aporta datos esenciales para la verificación o refutación de las hipótesis y tesis que presenta.
- El trabajo realizado es de utilidad en la gestión de la contratación.

CAPÍTULO 2.

LA SELECCION DE CONTRATISTAS.

ANTECEDENTES. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Contenido:

1. Introducción.
2. La situación actual en España.
3. La situación en otros países.
4. El sistema tradicional de ofertas.
5. El problema de la subjetividad.
6. Procesos de cualificación y evaluación de ofertas.
7. La solución propuesta.
8. Originalidad de la solución propuesta.

Figura 1. Diagrama de flujo.

Figura 2. Diagrama de flujo de la metodología propuesta.

Figura 3. Diagrama de flujo.

Figura 4. Diagrama de flujo de la metodología propuesta.

1. INTRODUCCIÓN.

Con excesiva frecuencia la selección de contratista tanto en contratación pública como en privada se ha basado en la consideración de la oferta más baja en un proceso ineficiente e ineficaz en el que no se tenían en cuenta otros criterios, (solvencia técnica, historial adaptado a la obra presente, referencias de clientes, etc.) o bien éstos no tenían apenas importancia. En contratación privada esto ha obedecido muchas veces a falta de cultura de proyecto (madurez organizativa), en muchas ocasiones debida a una insuficiente profesionalización de la dirección de la empresa.

Tanto instituciones públicas como privadas tradicionalmente han tratado de mantener, en algunos casos presionadas por condicionantes que poco tienen que ver con cuestiones técnicas o de rentabilidad, un proceso teóricamente objetivo con objeto de adjudicar la obra al contratista que ofrezca lo que se ha venido en denominar, la oferta «responsable» más baja.

Históricamente la oferta responsable más baja ha sido definida como la oferta más baja que cumpla con las fianzas exigidas (Russel, 1990 a). Sin embargo, este proceso puede llegar a plantear cuestiones respecto a si la fiabilidad del contratista se corresponde realmente con los criterios que se han establecido en las fianzas, o si la oferta más baja necesariamente proporcionará la consecución de todos los objetivos para la propiedad y también, en el caso de propietarios públicos, si con este procedimiento indirectamente se está persiguiendo un excesivo control sobre el proceso de contratación, que puede derivar en cuestiones bastante alejadas de las realmente técnicas.

Bajo el punto de vista anterior, se trata de ligar la capacidad financiera del contratista con la probabilidad de que haya problemas durante la construcción. Las características de las fianzas serían una medida potencial de las garantías con que la propiedad cubriría los costes extras para la terminación del proyecto debido a fallos por parte del contratista, pero no sería una garantía de que el proyecto se completase correctamente en todos sus aspectos.

Algunos de estos aspectos son a nuestro juicio vitales para la propiedad, y entre otros se podría mencionar el cumplimiento en los plazos de ejecución, tanto de la obra total como de las fases intermedias, la calidad final obtenida, la seguridad durante y después del proceso de construcción, etc.

Los costos para la propiedad asociados a la no consecución de estos objetivos, además de ser muy difíciles de evaluar, puede que no sean compensados por las fianzas. Por lo tanto es importante que la propiedad no se preocupe simplemente por la salud financiera del potencial contratista, si no también por su capacidad para completar con éxito el proyecto (Russel, 1990 b).

En determinadas ocasiones este sistema es adecuado, siempre y cuando haya habido anteriormente una preselección de contratistas y la obra sea sencilla y rutinaria, pero en la realidad dicha preselección no ha sido muy frecuente. En contratación pública en España los políticos la han usado también con demasiada frecuencia quizá debido más debido a su «limpieza» teórica que a su simplicidad. Por otro lado, es notorio que el sistema público español de clasificación de contratistas no funciona correctamente e, incluso, no está bien concebido.

A pesar de la total independencia de los procedimientos de un tipo de propiedad u otra (pública / privada), normalmente se ha tomado por parte de la propiedad privada el modelo de la administración como modelo más estricto y que mejor salvaguarda los intereses de la propiedad, cuando en realidad dicho sistema no es muy eficaz.

Poco a poco los clientes con obras de cierta importancia y complejidad se han ido dando cuenta de su error y se han ido mejorando los procesos de contratación con objeto de valorar en determinadas obras otros criterios, que entre otros objetivos, disminuyan el riesgo para el cliente mejorando los resultados finales del proyecto (alcance, plazo, coste, calidad, etc.).

2. LA SITUACIÓN EN ESPAÑA.

En España, aunque las distintas políticas de oferta de los distintos organismos o entes públicos pueden variar, históricamente el sistema de la oferta más competitiva ha sido la piedra angular del procedimiento de adjudicación de proyectos. Para la propiedad privada tradicionalmente y debido al lento desarrollo de la economía española en comparación al resto de países europeos, ha hecho que la cuestión del precio tuviese un papel fundamental en la adjudicación de ofertas.

Esta situación ha cambiado en los últimos años y conforme la situación económica de nuestro país se asemeja más a las del resto de los países europeos la preocupación por cuestiones que van más allá del precio es cada vez mayor.

Que el precio sea el único parámetro de adjudicación de una obra, es una idea que se pone en tela de juicio ya en primera instancia a través del concepto de «baja temeraria», al descartar ofertas que aún siendo las más bajas se descartan por su imposibilidad de realización o por el riesgo que conllevan.

En España las distintas Comunidades Autónomas han ido regulando a través de legislación propia, basada a su vez en legislación estatal (Texto Refundido de la Ley de Contratos del Estado, Real Decreto 390/1996), las bases o pliegos de cláusulas administrativas de los concursos para la adjudicación de obras. En ellos junto, con el precio, se incluyen además de aspectos que tienen que ver con distintas cuestiones económico-administrativos, de plazo, etc, del proyecto. Aspectos todos ellos, que hacen referencia a las características que deben de cumplir los posibles licitadores y se evalúan de forma independiente a la oferta económica.

En el caso de Xunta de Galicia estas cuestiones son denominadas «Referencias Técnicas» y hacen mención a aspectos que tienen que ver con la capacidad técnica y organizativa así como la solvencia económica y financiera. Las variables que se tienen en cuenta son:

- la realización de obras de naturaleza análoga,
- volumen de obra ejecutada
- personal dedicado en exclusiva a la obra y su experiencia,
- programación objetiva y los plazos de ejecución
- disponibilidad de equipos y maquinaria
- sistemas de control de calidad

- alternativas o mejoras al proyecto, etc.

Se observa pues, que en un primer momento, se realiza ya una preselección, aunque de forma no explícita, del licitador y que el precio de la oferta, aunque importante, entra en juego en una segunda fase. La adjudicación, en caso de superar una puntuación establecida para cada obra, se dará a la empresa que presente una oferta económica de las más bajas y esta adjudicación ha de ser motivada no exclusivamente por cuestiones económicas.

En la misma línea, organismos como Aenor exigen a las empresas de gestión de obras, como las gestoras creadas a instancias de las Comunidades Autónomas, en Galicia denominadas «Xestur», que quieran homologarse, tanto públicas como privadas, que establezcan métodos y procedimientos estandarizados en los que se exija a su vez a los posibles contratantes de obras, requisitos específicos que tiene que ver con cuestiones que no tiene nada que ver con los precios de las posibles ofertas que puedan presentar.

En sus recomendaciones o exigencias se encuentran conceptos que se han encontrado en otros textos. Se habla de solvencia económica y financiera de las empresas que se acreditará por medio de:

- informes de instituciones financieras o en su caso, justificantes del seguro de indemnización de riesgos profesionales.
- presentación de cuentas anuales o extracto de las mismas.
- declaración relativa a la cifra de negocios global y de las obras o servicios realizados en los últimos años.

También en estos requerimientos se habla de solvencia técnica del empresario que puede ser justificada por los siguientes medios.

- Títulos académicos y experiencia del empresario y de los cuadros de empresa, así como de los responsables de las obras. En todo caso se considera imprescindible la persona o personas o la empresa contratista deberá contar con el personal que esté en la posesión de la titulación académica y profesional habilitante necesaria para la realización de los respectivos trabajos y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión y con competencia para poder realizar conjuntamente todos los trabajos encargados.

- Relación de los principales servicios o trabajos realizados en los últimos años.
- Una declaración del material, instalaciones y equipo técnico de que disponga el empresario para la realización del contrato.

En lo que respecta a las referencias técnicas se habla de:

- Organización de personal para la realización de los trabajos, a la que se adjuntará relación de personal, que se compromete a adscribir o contrato con el «historial profesional» del jefe del estudio y con especial énfasis en actuaciones similares a las del contrato.

- Adicionalmente se presentarán una relación de los medios materiales que se proponen para la realización de los trabajos, en la que se indicará la localización de la oficina en donde se desarrollarán los mismos.

- Medidas implantadas en la empresa para asegurar la calidad de los trabajos realizados.

Hay que recordar también que para el caso de contratación pública la Ley de Contratos del Estado establece una clasificación en base a grupo-subgrupo-categoría de los posibles licitadores con las exigencias de pertenencia a un determinado grupo-subgrupo-categoría, exigencia de pertenencia que debe quedar ya reflejada a nivel de proyecto en el anexo dedicado a la clasificación de contratista. Esta ley establece en base a tablas «duras», así como a criterios difícilmente cuantificables y muy dependientes de la subjetividad del que realiza la evaluación, los requerimientos de pertenencia a grupos, subgrupos y categorías.

Entre estos requerimientos se hace referencia a características que deben cumplir los contratistas con respecto a medios financieros, personal técnico experimentado, maquinaria y equipos suficientes y experiencia en obras similares.

Como se verá más adelante características similares son comunes en muchos de los procedimientos de cualificación o clasificación de licitantes que se proponen en otros países, por lo que parece lógico que se trate de desarrollar sistemas de clasificación basados en valores relacionados directamente con ellos.

Este tipo de tablas y procedimientos existentes de evaluación presenta algunos problemas sobre todo por que muchas variables son de difícil cuantificación muy dependientes del evaluador. Paliar estos problemas, entre otros objetivos, son los que se pretenden alcanzar con la utilización de un controlador borroso.

3. LA SITUACIÓN EN OTROS PAÍSES.

Fuera de España se ha seguido o se está siguiendo un proceso similar. Así por ejemplo, en el Reino Unido existen diferentes documentos con recomendaciones para la contratación. En este país, existen pocas diferencias entre la contratación privada y la pública, no existe una ley similar a la española Ley de Contratos de las Administraciones Públicas, ni un sistema centralizado de clasificación de contratistas, actuando el promotor público de una manera bastante similar al promotor privado en cuanto a restricciones legales.

Existen, en este sentido, dos tipos de documentos, los destinados a definir un proceso adecuado de contratación, y los modelos de contrato. Uno de los primeros es el Code of Practice for the Selection of Main Contractors, editado por el Construction Industry Board (1997). En él se establecen una serie de procedimientos tipo para la selección de contratistas, así como códigos de conducta con objeto de regular la calidad, la eficiencia y la efectividad de la industria de la construcción.

También se establecen algunos parámetros objetivos que sirvan para calificar o clasificar a los contratistas. Siguiendo este criterio la British Columbia Building Corporation, que normalmente adjudicaba a la oferta más baja, está reconsiderando esta práctica y empieza a considerar

factores a demás del precio para realizar las adjudicaciones (Rankin et al, 1996).

En el esquema inicial de este código se establecen cinco etapas antes de la adjudicación del proyecto. La primera de ellas hace referencia a la cualificación o clasificación del licitante. Este primer apartado aunque no de forma tan estricta juega un papel similar al que se ha visto anteriormente para el caso de España. El resto de los pasos incluirían la creación de la lista de los posibles licitadores, la invitación a ofertar, la evaluación de las ofertas y finalmente la adjudicación.

Como se puede observar por el proceso indicado anteriormente la cualificación que se realiza de los ofertantes lleva implícita una selección o clasificación pues sólo los licitantes que cumplan unas determinadas características serán invitados a ofertar quedando el resto excluidos.

En el código anterior cuando se entra a detallar el proceso de cualificación de ofertantes para posteriormente crear una lista de posibles licitantes se aconseja que la lista sea relativamente corta con objeto de no elevar el costo del proceso de licitación y hacerlo operativo. Los criterios que este código propone para llevar a cabo esta clasificación incluirían entre otros aspectos relacionados con el programa de trabajos propuesto, los métodos de construcción, el personal empleado, las subcontratas etc.

El proceso de selección incluiría las siguientes tres fases:

- la clasificación propiamente dicha en la cual los potenciales constructores son evaluados e identificados como posibles candidatos a llevar a cabo un proyecto.
- recopilación y filtrado de la lista anterior a un conjunto menor de contratistas de características similares comparables entre sí y que estén dispuestos a ofertar.
- la selección propiamente dicha en la que a partir de la lista anterior se realiza la selección propiamente dicha para identificar al adjudicatario final.

El proceso de selección trata de evaluar las habilidades y competencia además de establecer la idoneidad del contratista para la realización óptima de la obra. En general esta selección se realiza en base a criterios de carácter general en lugar de criterios específicos del proyecto, con objeto de obtener una lista de contratistas que podrían ser llamados para ejecutar un trabajo para el cual están cualificados.

Se trata en resumen de obtener un conjunto de contratistas homogéneo y comparables entre sí, que son los que van a ser invitados a ofertar, que cumplan con un estandar general, además de ofrecer unas características aceptables en cuanto a integridad, responsabilidad y competencia. Esta lista deberá ser revisada con regularidad con objeto de dar de alta o baja a elementos que varíen de forma sustancial las características que les han incluido o excluido de la lista. Estas altas o baja deberán ser notificadas a los interesados. Se aconseja también el mantenimiento de una lista única centralizada para evitar los costos de mantenimiento.

También se hace mención a la habilidad para manejar recursos ajenos en clara referencia

a subcontratas y equipos de diseño externos.

En cuanto a los criterios objetivos propiamente dichos que sean susceptibles de ser medibles de una manera cuantitativa o cualitativa se incluyen:

- calidad de trabajos anteriores
- capacidad de ofrecer diseño
- competencia global
- historial de cumplimientos
- historial en materia de seguridad y salud
- competencia global
- estabilidad financiera
- pólizas de seguros
- recursos propios
- capacidad técnica y organizativa
- habilidad para innovar, etc.

La utilización de esta preclasificación a través de esta lista se aconseja para toda propiedad ya sea pública o privada, dejando abierta la posibilidad, para aquellos que no tengan acceso a la misma, de seguir un procedimiento sistemático similar al indicado para crear su propia lista. Se aconseja además que esta libertad de creación de un nuevo procedimiento quedaría más en jugar los límites deseados de cumplimiento de los puntos anteriormente indicados que en la creación de parámetros nuevos.

Debido al costo de la puesta en aplicación de las cláusulas de cualificación y evaluación, se ha provocado una considerable controversias sobre todo en el sector público, donde los contratistas se preguntan sobre la legitimidad de estos procesos de licitación abonados con dinero público.

Aunque los contratistas están de acuerdo mayoritariamente en que el sistema tradicional de oferta necesita mejoras se discrepa en cuanto a dichas mejoras y se ofrecen diferentes alternativas como solución al problema.

En Estados Unidos la General Services Administración GSA ha implementado un sistema denominado «Competitive Negotiation & Technical Merit» en el que el precio no es el factor definitivo. El U.S. Army Corps of Engineers ha tratado también de superar el sistema clásico de oferta más baja en determinados proyectos, adoptando un sistema innovador que puede llegar a reducir incluso los plazos del proyecto y mejorar la calidad final. El U.S. Postal Service ha dado un paso más y utiliza un sistema en el que se selecciona un conjunto de ofertas óptimas y solicita a los ofertantes que las reelaboren basadas en unos cambios recomendados por ellos mismos para posteriormente elegir la definitiva de entre las que han sido modificadas.

La situación en Estados Unidos en cuanto a la adjudicación de obras públicas comienza entorno a 1809 con una serie de estatutos que exigían licitación pública, presentación de ofertas en sobre cerrado y adjudicación a la baja. En estos estatutos no se tenía en cuenta una preselección o clasificación de posibles ofertantes y como se indicó se dejaba totalmente abierta la posibilidad de ofertar a cualquiera. Estos estatutos surgen con objeto de evitar presiones y adjudicacio-

nes poco imparciales.

En Canadá existían similares estatutos, por lo tanto el sistema de oferta competitiva con adjudicación a la baja era predominante en toda Norte América. Actualmente esto está cambiando y la preselección o cualificación aún no es habitual, pero esta adoptándose cada vez más.

4. EL SISTEMA TRADICIONAL DE OFERTAS.

Aunque el sistema tradicional de oferta a la baja sigue siendo la norma existe una tendencia a crear sistemas formales que permitan evaluar otros aspectos decisivos para la consecución final de los objetivos del proyecto. Estos sistemas se encuentran con el principal problema de la subjetividad pues en las los parámetros son de difícil concreción y cuantificación.

Este sistema tradicional puede tener ligeras variaciones, pero en general se lleva a cabo a través de las siguientes etapas:

- publicación de la licitación
- recepción de ofertas
- evaluación y adjudicación

Normalmente la notificación de la licitación se publicita al igual que en la mayoría de los países, en diarios de amplia difusión, tanto de tirada nacional como local. En estos anuncios se especifican algunos detalles generales como el tipo de proyecto, contrato a realizar, importe y requerimientos para poder ofertar. Los requerimientos se refieren a aspectos como lugar de entrega de las ofertas, plazos de entrega de las mismas, fianzas, etc.

Las empresa interesadas también pueden obtener documentos contractuales tipo para poder estudiarlos con objeto de tomar la decisión de ofertar o no.

Las empresa que deciden ofertar remiten sus ofertas de acuerdo con los requerimientos antes mencionados. Estas ofertas son abiertas en público y suponiendo que no se detectan errores el contrato es adjudicado a la oferta más baja.

Es este último aspecto del proceso de adjudicación el que también se está poniendo en tela de juicio en Norte América en los últimos años.

Las entidades públicas como las propiedades particulares están ampliamente sometidas a imperativos de tipo económico que en principio hacen tomar un papel protagonista al precio como único parámetro definitorio para la toma de la decisión.

Todo este proceso conduce a preguntas tales como si la fiabilidad de un contratista queda salvaguardada simplemente por que sea capaz de cubrir las fianzas, si la oferta más baja es la que en realidad cubrirá los objetivos finales del proyecto.

Las fianzas, como ya se ha indicado, tratan de asegurar una capacidad financiera mínima de los adjudicatarios y reducir los riesgos de fallos durante la construcción. Es una garantía de que la propiedad está cubierta frente a costos extra y poder completar el proyecto, pero no es

garantía de que el proyecto alcance los objetivos que en un principio se podrían tener previstos. Estos objetivos se pueden referir a cuestiones tan importantes como plazos, calidad, seguridad durante y después de la construcción etc. Los costos que supondría el no conseguir estos objetivos podrían no ser compensados por las fianzas.

Se podría dar el caso de tener que sustituir al contratista principal lo cual llevaría acarreado unos costos enormes. Es importante que la propiedad se interese no sólo por cuestiones de salud financiera de los posibles ofertantes si no también de la capacidad global del contratista para llevar a cabo los objetivos del proyecto.

Los procesos de adjudicación de contratos usados en contratación pública y privada son significativamente distintos. En contratación privada esta adjudicación se rige por normas establecidas por la propiedad o por el consultor designado por la propiedad y en el que ha delegado esa u otras responsabilidades. El propietario privado tiene total libertad sobre el proceso de oferta y puede adoptar, modificar o simplemente renunciar al sistema de licitación pública (Clough, 1994). La propiedad o entidad pública debe, sin embargo, seguir estrictos procedimientos en la adjudicación con objeto de evitar acusaciones de imparcialidad o incluso caer en posibles delitos.

A pesar de la total independencia de los procedimientos de un tipo de propiedad u otra, normalmente se ha tomado por parte de la propiedad privada el modelo de la administración como modelo más estricto y el que mejor salvaguarda los intereses de la propiedad. En el caso de la propiedad privada en este modelo se podrían ir eliminando restricciones a juicio de la misma con objeto de adaptar el modelo ideal a las necesidades concretas del proyecto en cuestión.

En la última década ha ido creciendo la preocupación en torno al tradicional método de la oferta más baja y se ha ido cuestionando de forma creciente su efectividad. El sistema tradicional de la oferta más competitiva se ha ido mejorando como ya se ha avanzado, introduciendo variaciones en el proceso de selección a través de complementos como los de la precualificación o clasificación.

Se han encontrado en las búsquedas realizadas para la confección este trabajo varias referencias, aunque la verdad tampoco excesivas, que trataban la problemática asociada con la aceptación de la oferta más baja. Artículos tales como «Deliverance» de (Tarricone, 1993), «The competitive bid system» de (Turner, 1992), «Average bid method competitive bidding strategy» de (Ioannou, 1992), «Rethinking the competitive bid» de (Nicholson, 1991), «FHWA weighs changes to low bid system» de (Ichniowski, 1990) y «Payment timing as a factor in bid evaluation» de (Slinger, 1993), tratan de alguna u otra manera métodos alternativos a lo que ellos denominan la adjudicación a la oferta más baja.

5. EL PROBLEMA DE LA SUBJETIVIDAD.

Parece ser que todos los implicados en el sector están de acuerdo en la modificación del procedimiento inicial, pero no ocurre lo mismo con respecto a la implementación del mismo. Una vez recibidas las ofertas hay que preparar un informe seleccionando la más interesante. En la selección no interviene solamente el precio, sino también las condiciones de suministro, la

solvencia económica y técnica del proveedor, las condiciones de garantía, etc. Como ya se ha mencionado, con frecuencia se encuentran ofertas anormalmente bajas, realizadas por empresas que necesitan transitoriamente contratos (para conseguir liquidez, o para no quedarse sin actividad), aún a costa de pérdidas. Este tipo de oferta debe ser automáticamente rechazada, lo cual no debe significar que el precio siga siendo una variable clave.

El sistema tradicional de licitación fue concebido con objeto de obtener la oferta responsable más baja. La legislación de muchos países hacen referencia a términos del tipo «responsable». Según Russel esta responsabilidad significa que la oferta cumpla todos los requerimientos de fianzas, plazos para ofertar, objetivos del proyecto y demás condicionantes impuestos por las leyes del país en cuestión. Si alguno de estos puntos se desvía sustancialmente de lo exigido la oferta debe rechazarse.

No es difícil prever que otro problema surge para definir conceptos como responsable, fiable, y dentro de ellos establecer escalas de valores para poder medir distintos grados del concepto. Este problema surge también en España a la hora de poner en práctica algunos procedimientos de los mencionados anteriormente. En otros países como Canadá, esta problemática de la subjetividad a la hora de implementar un proceso de evaluación también es apuntada por varios autores, Rankin et al. 1992).

Se pueden encontrar definiciones de esos conceptos que lejos de solucionar el problema, lo dejan prácticamente igual pues acuden a otros términos que conducen al mismo punto de partida. Así por ejemplo para Russel un contratista es «responsable» si es competente y capaz para realizar un trabajo. Un contratista responsable no tendrá que ser sólo capaz si no que el licitador deberá confiar en sus habilidades, integridad fiabilidad, etc.

Con esta nueva filosofía una propiedad ya sea pública o privada no debería estar obligada a entregar el proyecto a un contratista incompetente que haya entregado la oferta más baja. No se está hablando aquí de las «bajas temerarias» que de por sí son ya motivo de exclusión.

Estas ideas sobre responsabilidad han conducido a sistemas que pretenden resolver el proceso de adjudicación si recurrir únicamente a la oferta más baja a través de procesos de cualificación o evaluación de contratistas. La idea que subyace ante esta nueva visión de la contratación es que los términos puramente de ahorro económico no debería ser definitivos, aunque si importantes.

En lo que respecta a otra cuestión fundamental como es la calidad de los trabajos ejecutados, en los E.E.U.U. el 75% de las especificaciones finales de ejecución o requerimientos de contratación tienen que ver con la calidad final del producto (Tarricone, 1996). Por otra parte y abundando en la idea que tratamos de transmitir aquí, la calidad en muchos casos es difícil de medir de forma cuantitativa para poder luego asignarle un parámetro numérico. Sin embargo es más fácil definirlo con un adjetivo una vez se ha observado el resultado final de la obra.

6. PROCESOS DE CUALIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE OFERTAS.

Algunas propuestas que se han encontrado al realizar este trabajo, a nuestro juicio todas ellas adolecen del mismo problema que es su implementación práctica. Comparten en el fondo

los mismos objetivos aunque no se implementan. Algunas de ellas proponen soluciones verdaderamente artificiosas y carentes de sentido práctico.

La cualificación como sistema de mejora del procedimiento tradicional puede ser realizada antes (pre-cualificación) de la adjudicación, para que solamente los que pasen ese proceso puedan acceder a la documentación o después de la adjudicación del proyecto (pos-cualificación) en cuyo caso se deja la oferta abierta y sólo se cualifica la más baja o las más bajas.

Existe una clara ventaja de la pos-cualificación respecto a la pre-cualificación y ésta reside en el número de ofertantes que se deben cualificar, siendo mucho menor en el primer caso. Esta ventaja es importante en el caso de que los posibles ofertantes en pre-cualificación sea muy variable. Para los posibles ofertantes la pos-cualificación resulta un gasto de tiempo y recursos en caso de ser desestimada su oferta por otros motivos distintos al precio. Esto no ocurre en pre-cualificación pues caso de no superar este proceso ya no se le invitaría a ofertar. Para la propiedad la precualificación tiene la ventaja de que una vez realizada, permite a la misma el concentrar sus esfuerzos en estudiar la oferta olvidándose de la evaluación de ofertante.

La pre-cualificación es muy común en el sector público en Norte América. En Europa existen organizaciones como la Federación Internacional de Ingenieros Consultores FIDIC, que ha formalizado un proceso de pre-cualificación que ha sido adoptado, con sus respectivas modificaciones, por otros países europeos. En Canadá se están adoptando estos mismos procedimientos. Por el contrario la pos-cualificación encuentra mucha oposición por parte de la industria de la construcción por los motivos que se apuntaron antes.

Diferentes criterios de clasificación se pueden encontrar documentados en diversas publicaciones y no sólo incluyan términos financieros si no otros aspectos tales como actuaciones anteriores y actuales, experiencia, etc. Como se puede ver todos ellos se refieren casi siempre a las mismas cuestiones por lo que no será difícil llegar a unos parámetros que sean acordes con todos los procedimientos existentes. En ellos se ha basado la elección de las variables del controlador borrosos que se va a realizar.

La cualificación se puede hacer puntualmente para cada proyecto o se puede hacer un seguimiento continuo de los posibles licitadores y tener una referencia para futuras obras. En el caso de hacer pos-cualificación, ésta utiliza normalmente los mismos criterios que la precualificación aunque en estos casos éstos son más específicos y relacionados con el proyecto en cuestión.

Cualquier programa de cualificación o clasificación debería ser lo más objetivo posible, aunque debe de apuntarse un problema claro que ocurre cuando una obra sea adjudicada a una oferta distinta a la más baja. La justificación ante la opinión pública en el caso de contratación por parte de la administración podría generar graves problemas.

Este problema se ve acentuado por la subjetividad inherente a algunos parámetros utilizados frecuentemente. Mediante el sistema que se va a proponer se conseguiría dar un paso más con objeto de aliviar esta sensación de subjetividad al automatizar parte del proceso de selección, aunque hay que reconocer que la automatización total sería prácticamente imposible e incluso podría decirse que tampoco sería deseable. Por ese motivo el sistema asesorará a la

toma de decisión final, aunque el usuario podría adoptar la decisión del sistema de forma habitual con objeto de dar una imagen lo más imparcial posible.

Hay que decir también que como toda medida innovadora al principio resulta problemática y no por ello debe descartarse su implantación. A medida que se vaya haciendo habitual parte de los problemas iniciales habrán desaparecido.

En el caso de propiedades públicas este problema es muy importante tenerlo en cuenta y en determinados países, por su situación política y de imagen pública por parte de sus gobernantes, puede impedir de forma clara la puesta en marcha de un sistema de cualificación. En países desarrollados con unas instituciones con buena imagen de competencia y transparencia en su gestión puede ocurrir el fenómeno contrario, ayudando a fomentar esa imagen de buena gestión y optimización de recursos públicos.

Este problema en el caso de propiedad privada sería menos grave, aunque en menor grado podría presentarse al tener que justificar una decisión de este tipo ante un consejo de administración o una junta de accionistas por parte del equipo de selección y adjudicación de obras.

Este sistema en los últimos años se ha ido poniendo en tela de juicio y se ha cuestionado su efectividad. Ocurre aquí un fenómeno curioso, anteriormente se ha dicho que el sector privado ha ido tomando procedimientos del sector público como modelos de partida por suponer que son los que más aseguran la imparcialidad y por lo tanto la optimización de los recursos puestos a disposición del proyecto, sin embargo y como parece lógico, el sector privado ha ido reaccionando más rápidamente a los tiempos y ha detectado las deficiencias posibles de este sistema tradicional y ha tratado de mejorarlo. Es entonces cuando el sector público sigue al privado tratando de aprovechar las mejoras introducidas por éste del sistema que él creó.

El sector privado ha ido progresando y adaptando nuevos métodos que el sector público ha tratado de imitar. La oferta competitiva sigue utilizándose, pero se han introducido variaciones en el proceso de licitación a través de la clasificación y evaluación de posibles ofertantes.

Se han propuesto por diversos autores (Tarricone, Turner, Ioannou, etc.) diferentes métodos para llevar a cabo mejoras en lo que se ha venido a denominar oferta competitiva, es decir, la tradicional oferta a la baja en la que sólo el precio es determinante para la adjudicación.

Las alternativas propuestas, aunque de diversas maneras, mantienen la oferta a la baja, pero con las modificaciones introducidas por los conceptos cualificación y preselección.

Todos estos procesos cobran una especial importancia en países como Canadá, en el cual la respuesta a una licitación mediante una oferta formal con fianza, es considerada en caso de litigio, como una relación contractual entre el licitador y el contratista. Este hecho obliga a que en las instrucciones para los posibles ofertantes se describan los procesos de cualificación o evaluación que se realizarán por parte de la propiedad.

Existen casos como los de Ron Engineering & Construction, una gran empresa constructora canadiense, que debido a un error en su oferta, intentó retirarla y recuperar su fianza,

después de ser cualificada y evaluada. Ante la negativa del gobierno canadiense de devolver la fianza, se entró en un proceso judicial que tuvo como resultado la pérdida, por parte de Ron Engineering & Construction, de la fianza al reconocerse esta relación contractual entre el licitador y constructor al realizar una oferta en firme.

Aunque este es un caso especial da una idea de la importancia que puede llegar a tener la cualificación y selección en un proceso de contratación

7. LA SOLUCIÓN PROPUESTA

Otro problema surge para definir conceptos como responsable o fiable, entre otros, y dentro de ellos establecer escalas de valores para poder medir distintos grados del concepto evaluado. El sistema tradicional de ofertas se ha concebido como un proceso para seleccionar la oferta responsable más baja. El problema ya apuntado surge en como determinar si alguien o alguna entidad es «responsable». Russel (Russel, 1990 a) establece que una oferta ha de ser «responsable». Para ello define a un constructor «responsable» como alguien que es «competente» y «capaz» de realizar un trabajo. Vemos por lo tanto que nos introducimos en un círculo vicioso de definiciones subjetivas poco cuantificables y en las que se pretende descargar la mejora de todo un proceso de selección. Aún con las mejores intenciones y llegando a definir completamente los parámetros adicionales que se considerasen oportunos, surge otro problema que es el de manejarse con ellos y medir los mismos.

Aunque el precio sigue siendo una variable de gran importancia en la decisión, existe una tendencia a crear sistemas formales que permitan evaluar otros aspectos decisivos para la consecución final de los objetivos del proyecto. Estos sistemas se encuentran con el principal problema de la subjetividad pues los parámetros son de difícil concreción y cuantificación.

Utilizando la técnica de control borroso, basada en la teoría de conjuntos borrosos y en la lógica difusa, se pretende crear un sistema autónomo de apoyo en la decisión que en función de unos valores que toman una serie de variables de entrada, relativas a criterios de selección y que serán de tipo numérico o lingüístico, las evalúe y, utilizando una base de conocimiento experto, determine o asesore en la decisión final sobre la selección adecuada.

Esta técnica permite en gran medida paliar los problemas anteriormente apuntados de definición y evaluación de variables no numéricas, subjetividad, homogeneidad en las decisiones, posibilidad de definición de políticas de adjudicación, etc.

El sistema que se propone trata de aunar en un sólo proceso denominado selección las dos ideas básicas que se han venido exponiendo anteriormente, la clasificación del contratista y la evaluación de la oferta. Mediante el controlador borroso que se propondrá se entrecuzarán una serie de valores a través de variables intermedias que tratarán de representar la realidad de una decisión compleja y multifactor.

Después todo lo expuesto se ve clara la necesidad de filtrar de alguna manera los posibles ofertantes. Esta necesidad que ya es conocida y ampliamente aceptada, se encuentra con el problema de llevarla a cabo de una manera sistemática y lo más provechosa para la propiedad posible. Esta dificultad surge como ya se ha dicho por la subjetividad a la hora de evaluar

determinadas características del ofertante y de la propia definición de los parámetros utilizados para cualificar.

Diversos autores han expresado ya esta dificultad, que lejos de eliminarla, se vería ostensiblemente paliada con la utilización de la teoría de los conjuntos borrosos y la lógica difusa, bases del diseño de un controlador borroso.

Los sistemas basados en tablas «duras» de rangos de valores son reconocidamente ineficientes y además otras variables son de difícil cuantificación con lo cual no pueden ser resultados con el uso de las mismas.

En el diseño de este sistema se va además a concretar de forma clara las variables de entrada al sistema, algunas de ellas de forma numérica, cuando así sea posible, y en el resto de los casos con valores lingüísticos que son aceptados convencionalmente y todo ello con el fin de tratar de reducir en un cierto grado la subjetividad de algunas decisiones.

El comportamiento del sistema podrá ser ajustado de múltiples formas en función de la base de reglas que se adopten pudiendo adaptarlo al tipo de obra, a los requerimientos de la propiedad, la propia idiosincrasia de un país o zona, etc. Lo que si queda asegurado una vez ajustado es un comportamiento uniforme mientras no se varíe la base de reglas. Esto es una garantía de imparcialidad que sería difícil de conseguir en el caso de que el proceso fuese realizado por personas que pueden verse influenciadas por diversos motivos de índole personal, de salud, presiones externas, etc.

Se trata en definitiva de un sistema de apoyo a la decisión basado en la filosofía del control borroso de sistemas. Se priorizarán los objetivos fundamentales que se persiguen en el proyecto, (alcance, plazo, costo, calidad). En función de esto se creará una política de decisión basada en un conjunto de reglas difusas.

Este sistema sería para uso fundamentalmente en contratación privada de clientes (como promotores) con gran cantidad de proyectos al año. Al requerirse bastantes datos del contratista, es un sistema para uso de clientes que tienen una lista no muy larga de contratistas homologados. Sólo se piden oferta a estos contratistas, que al no ser muchos, permite mantener una base de datos completa que permite contestar a alguna de las preguntas que el sistema plantea. El resto de los datos, por tratarse de un cliente fuerte (gran cantidad de proyectos al año) y además al saber que no sólo se adjudicará por precio, serían proporcionados por la propia empresa ofertante.

Este sistema que se propone sería susceptible de simplificación para obras de menor importancia. De todas maneras la filosofía que subyace en todo el proceso sería la misma, únicamente se eliminarían cuestiones referentes a aspectos menos decisivos. Lo que se plantea aquí es la aplicación de una tecnología para la ayuda a la toma de decisiones de forma similar a como lo hacen los dispositivos de control «hardware».

Desde la aparición a principios de los años sesenta de la teoría de conjuntos borrosos y la lógica difusa, han sido muchas las áreas de la ciencia y la tecnología las que han sido afectadas por esta nueva concepción de la teoría de conjuntos clásica y la lógica bivalente, las cuales se

mostraban claramente incapaces de manejarse con sistemas en que las relaciones entre variables no respondía de forma adecuada con los modelos basados exclusivamente en técnicas numéricas.

La lógica borrosa ha sido aplicada con éxito en muchas áreas como la biología, sociología, economía, etc., donde los modelos convencionales son de difícil aplicación o muy caros de implementar. También se ha aplicado con gran profusión a aspectos del control de instalaciones eléctricas o mecánicas.

Los métodos tradicionales de análisis están orientados hacia el uso de técnicas exclusivamente numéricas. En contraste con esto, muchos de los procesos de razonamiento humano están basados en el uso de variables cuyos valores se pueden asimilar a conjuntos borrosos. Este detalle es la base del concepto de variable lingüística, es decir una variable cuyos valores son palabras y no números.

Quizá la principal aplicación actual de la lógica borrosa sean los sistemas de control borroso, que utilizan expresiones de la lógica borrosa para formular «reglas» orientadas al control de sistemas. Mediante estos sistemas, se capta el conocimiento de un experto en controlar un determinado proceso, a través de la redacción de una reglas en un formato muy sencillo. Una vez hecho esto se incorporan al sistema de control que emulará el proceso de toma de decisión que haría el experto.

Estos sistemas se han utilizado mucho en el control de sistemas «hardware», sin embargo, son susceptibles de ser utilizados en procesos de «toma de decisiones» en donde se pretende emular el comportamiento de un ser humano en lo que respecta al proceso de razonamiento. El esquema es el mismo que en el caso anterior, si bien la salida no actuará sobre un componente mecánico o electrónico, si no que esa salida supondrá una información útil para tomar una determinada decisión. Se trata, al fin, de automatizar un determinado proceso de toma de decisión, con las ventajas que ello conlleva.

En contratación privada, para clientes que desarrollan muchos proyectos, el proceso de selección de contratista, a través de la evaluación de una serie de valores y criterios cuyo objetivo final es la toma de decisión razonada de la adjudicación a uno o a otro, es susceptible de ser ayudado por un sistema basado en esta técnica, aunque no se trate en sí de un proceso de control puro. El sistema que se va a concebir y construir con motivo de esta Tesis está pensado para dichas circunstancias (cliente privado con gran cantidad de proyectos) y no para la contratación pública, si bien, dicho sistema podría valer, con algunas modificaciones, para su uso en las contrataciones públicas con procedimiento por concurso o procedimientos negociados.

8. ORIGINALIDAD DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

De todo el material consultado para la realización del estudio previo de esta tesis se ha llegado a la conclusión final de que es necesario definir un sistema que califique teniendo en cuenta unos criterios a los distintos contratistas, pero no se ha encontrado ninguna solución práctica que implemente este procedimiento de una manera real, por lo tanto todo el sistema que se ha creado aquí puede considerarse original pues no está basado en ningún procedimiento conocido similar.

CAPÍTULO 3.

LOS CONJUNTOS BORROSOS Y LA LOGICA DIFUSA.

Contenido:

1. Introducción.
2. Los tipos de incertidumbre.
3. Sistemas expertos. Inteligencia artificial.
4. La lógica difusa.
5. Los conjuntos borrosos.
 - 5.1. Generalización de la idea de conjunto. El conjunto borroso.
 - 5.2. Definiciones fundamentales.
 - 5.3. Variables lingüísticas.
 - 5.4. Tipos de funciones de pertenencia de conjuntos borrosos.
 - 5.5. Particiones borrosas.
 - 5.6. Números fuzzy triangulares y trapezoidales.
 - 5.7. Modificadores lingüísticos.
 - 5.8. Propuesta de modificadores lingüísticos para NTD y NTrD.
 - 5.9. Operaciones básicas con conjuntos borrosos..
6. El Principio de extensión.
7. Relaciones borrosas.
8. Composición borrosa.
 - 8.1 Interpretación gráfica de la composición borrosa.
 - 8.2. Interpretación matricial de la composición borrosa.
9. La implicación material.
10. La implicación borrosa.
11. La teoría del razonamiento aproximado.

Inferencia desde proposiciones difusas condicionales.

 - 11.1. Razonamiento aproximado con múltiples condiciones.
 - 11.2. Sistemas borrosos basados en reglas.
 - 11.3 Mecanismos de razonamiento difuso.
 - 11.3.1. El mecanismo de Mamdani.
 - 11.3.2. El mecanismo de Tsukamoto.
 - 11.3.4. Mecanismo de Larsen.
12. La automatización del razonamiento. Los sistemas o controladores borrosos.
 - 12.1. Estructura general de un sistema borroso.
 - 12.2. Definición de variables de entrada.
 - 12.3. Definición de variables de salida
 - 12.4. Proceso de borrosificación.
 - 12.5. Creación de la base de reglas.
 - 12.6. Motor de inferencia borrosa.
 - 12.7. Desborrosificación.
13. Universalidad de los controladores borrosos.
14. Un ejemplo práctico ilustrativo.

1.1	Definición del problema	1
1.2	Definición de los objetivos	2
1.3	Definición de los criterios de selección	3
1.4	Definición de los factores de selección	4
1.5	Definición de los niveles de importancia	5
1.6	Definición de los niveles de riesgo	6
1.7	Definición de los niveles de calidad	7
1.8	Definición de los niveles de costo	8
1.9	Definición de los niveles de tiempo	9
1.10	Definición de los niveles de experiencia	10
1.11	Definición de los niveles de reputación	11
1.12	Definición de los niveles de capacidad	12
1.13	Definición de los niveles de disponibilidad	13
1.14	Definición de los niveles de flexibilidad	14
1.15	Definición de los niveles de innovación	15
1.16	Definición de los niveles de sostenibilidad	16
1.17	Definición de los niveles de seguridad	17
1.18	Definición de los niveles de salud ambiental	18
1.19	Definición de los niveles de bienestar social	19
1.20	Definición de los niveles de gobernanza	20
1.21	Definición de los niveles de transparencia	21
1.22	Definición de los niveles de integridad	22
1.23	Definición de los niveles de ética	23
1.24	Definición de los niveles de responsabilidad	24
1.25	Definición de los niveles de compromiso	25
1.26	Definición de los niveles de colaboración	26
1.27	Definición de los niveles de comunicación	27
1.28	Definición de los niveles de gestión de recursos	28
1.29	Definición de los niveles de gestión de riesgos	29
1.30	Definición de los niveles de gestión de calidad	30
1.31	Definición de los niveles de gestión de tiempo	31
1.32	Definición de los niveles de gestión de costo	32
1.33	Definición de los niveles de gestión de experiencia	33
1.34	Definición de los niveles de gestión de reputación	34
1.35	Definición de los niveles de gestión de capacidad	35
1.36	Definición de los niveles de gestión de disponibilidad	36
1.37	Definición de los niveles de gestión de flexibilidad	37
1.38	Definición de los niveles de gestión de innovación	38
1.39	Definición de los niveles de gestión de sostenibilidad	39
1.40	Definición de los niveles de gestión de seguridad	40
1.41	Definición de los niveles de gestión de salud ambiental	41
1.42	Definición de los niveles de gestión de bienestar social	42
1.43	Definición de los niveles de gestión de gobernanza	43
1.44	Definición de los niveles de gestión de transparencia	44
1.45	Definición de los niveles de gestión de integridad	45
1.46	Definición de los niveles de gestión de ética	46
1.47	Definición de los niveles de gestión de responsabilidad	47
1.48	Definición de los niveles de gestión de compromiso	48
1.49	Definición de los niveles de gestión de colaboración	49
1.50	Definición de los niveles de gestión de comunicación	50
1.51	Definición de los niveles de gestión de recursos	51
1.52	Definición de los niveles de gestión de riesgos	52
1.53	Definición de los niveles de gestión de calidad	53
1.54	Definición de los niveles de gestión de tiempo	54
1.55	Definición de los niveles de gestión de costo	55
1.56	Definición de los niveles de gestión de experiencia	56
1.57	Definición de los niveles de gestión de reputación	57
1.58	Definición de los niveles de gestión de capacidad	58
1.59	Definición de los niveles de gestión de disponibilidad	59
1.60	Definición de los niveles de gestión de flexibilidad	60
1.61	Definición de los niveles de gestión de innovación	61
1.62	Definición de los niveles de gestión de sostenibilidad	62
1.63	Definición de los niveles de gestión de seguridad	63
1.64	Definición de los niveles de gestión de salud ambiental	64
1.65	Definición de los niveles de gestión de bienestar social	65
1.66	Definición de los niveles de gestión de gobernanza	66
1.67	Definición de los niveles de gestión de transparencia	67
1.68	Definición de los niveles de gestión de integridad	68
1.69	Definición de los niveles de gestión de ética	69
1.70	Definición de los niveles de gestión de responsabilidad	70
1.71	Definición de los niveles de gestión de compromiso	71
1.72	Definición de los niveles de gestión de colaboración	72
1.73	Definición de los niveles de gestión de comunicación	73
1.74	Definición de los niveles de gestión de recursos	74
1.75	Definición de los niveles de gestión de riesgos	75
1.76	Definición de los niveles de gestión de calidad	76
1.77	Definición de los niveles de gestión de tiempo	77
1.78	Definición de los niveles de gestión de costo	78
1.79	Definición de los niveles de gestión de experiencia	79
1.80	Definición de los niveles de gestión de reputación	80
1.81	Definición de los niveles de gestión de capacidad	81
1.82	Definición de los niveles de gestión de disponibilidad	82
1.83	Definición de los niveles de gestión de flexibilidad	83
1.84	Definición de los niveles de gestión de innovación	84
1.85	Definición de los niveles de gestión de sostenibilidad	85
1.86	Definición de los niveles de gestión de seguridad	86
1.87	Definición de los niveles de gestión de salud ambiental	87
1.88	Definición de los niveles de gestión de bienestar social	88
1.89	Definición de los niveles de gestión de gobernanza	89
1.90	Definición de los niveles de gestión de transparencia	90
1.91	Definición de los niveles de gestión de integridad	91
1.92	Definición de los niveles de gestión de ética	92
1.93	Definición de los niveles de gestión de responsabilidad	93
1.94	Definición de los niveles de gestión de compromiso	94
1.95	Definición de los niveles de gestión de colaboración	95
1.96	Definición de los niveles de gestión de comunicación	96
1.97	Definición de los niveles de gestión de recursos	97
1.98	Definición de los niveles de gestión de riesgos	98
1.99	Definición de los niveles de gestión de calidad	99
1.100	Definición de los niveles de gestión de tiempo	100

1. INTRODUCCION.

Uno de los desafíos a los que se enfrentan las ciencias y las matemáticas en el último siglo es el manejo del concepto de incertidumbre. En las ciencias, en general, en los últimos años esta preocupación se refleja en el hecho de que un concepto en principio indeseable, que se debería evitar a toda costa, se está convirtiendo en un concepto admisible con el que se puede trabajar y además, se quiera o no, no se puede evitar, pues el mundo que nos rodea es en gran medida incierto en muchos de sus aspectos.

La visión tradicional de las ciencias que pretendían obtener resultados exactos de todos los problemas que se planteaban, estaba relacionada con palabras como certeza, precisión, exactitud, nitidez, etc. Esta visión por lo tanto hacía ver que los conceptos inversos, es decir, incertidumbre, imprecisión, inexactitud, vaguedad, fueran asociados a cuestiones no científicas.

A principios del siglo XX la visión newtoniana de las ciencias se vio claramente insuficiente cuando los estudios de la materia se iniciaron a nivel molecular. La exactitud y precisión de las leyes de Newton que regían la mecánica a nivel macroscópico se vieron sustituidas por conceptos estadísticos de probabilidad e incertidumbre que dominaban en la mecánica cuántica.

Los métodos analíticos basados en el cálculo son aplicables sólo a problemas con un número limitado de variables que están relacionadas unas con otras de una forma conocida y predecible, sin embargo los métodos estadísticos requieren una gran cantidad de datos y un alto grado de aleatoriedad.

En realidad ambos métodos o enfoques no son contradictorios, si no complementarios. Donde uno funciona bien el otro no responde adecuadamente y viceversa.

A pesar de que estos métodos son ampliamente complementarios, estos dos métodos cubren una pequeña parcela de los problemas a los que el ser humano ha de enfrentarse. Warren Weaver (Weaver, 1948) se refiere a estos problemas como problemas de «organizada simplicidad» o «desorganizada complejidad», y argumenta que este tipo de cuestiones únicamente representa una pequeña parte de los problemas a los que el ser humano debe enfrentarse. La mayoría de las cuestiones están entre estos dos extremos y en ellas se ven involucrados sistemas no lineales con gran cantidad de variables ampliamente interconectadas y que además tienen un fuerte carácter no-determinístico, pues son fruto de algún otro sistema de carácter aleatorio.

En general el ser humano trata con sistemas complejos a los que trata de emular, modificar, predecir. Estos sistemas no pueden ser representado por una simple fórmula matemática pues no responden de forma lineal. Además en muchas ocasiones el hombre interactúa con dichos sistemas haciendo su respuesta mucho más incierta dado que el comportamiento del ser humano dista mucho de ser un sistema independiente que pueda ser modelizado y aislado de influencias externas que influyan sobre su comportamiento.

El comportamiento de muchos de los sistemas que nos rodean dista mucho de lo exacto y lo preciso. Es por lo tanto aquí donde surge la idea de la incertidumbre. Las cosas no son ni blancas ni negras, si no que pueden ser de color gris, y debemos descartar la idea de solución única. La solución no es «lo blanco» o lo «negro», si no que una solución aceptable en función de

un determinado criterio puede ser un ligero tono «gris claro».

La incertidumbre considerada aisladamente puede resultar indeseable, sin embargo en determinados sistemas puede ayudar a reducir la complejidad y a aumentar la credibilidad del sistema que pretendemos simular.

La incertidumbre es pues un concepto importante que no ha de ser despreciado ni considerado como indeseable. En los años sesenta, el reconocimiento de la importancia de este concepto hizo surgir por parte de muchos investigadores una amplia literatura, que dio un paso más adelante en la visión moderna del concepto de incertidumbre.

Surgieron pues nuevas teorías acerca de la incertidumbre, distintas de las teorías probabilísticas. Esas nuevas teorías ponían en tela de juicio la aparente conexión entre incertidumbre y las teorías de probabilísticas, llegando a afirmar que éstas eran capaces de representar únicamente un cierto tipo de incertidumbre.

El éxito de las matemáticas modernas es en gran parte debido a los esfuerzos de Aristóteles y los filósofos que lo precedieron. En su esfuerzo por legarnos una teoría concisa de la lógica inventaron las «leyes de verdad», en ellas establecían que cualquier proposición debería ser cierta o falsa. Sin embargo inmediatamente surgieron objeciones a estas ideas. Buda dos siglos antes afirmó que el mundo estaba lleno de contradicciones y que las cosas podían ser tener cierto grado de verdad y falsedad al mismo tiempo. A principios de siglo XX Lukasiewicz propuso una alternativa sistemática a la lógica bivalente aristotélica.

Lukasiewicz describía una lógica trivalente la cual podía describir de forma razonable el término «posible» y asignarle un valor numérico entre la verdad y la falsedad. Knuth un discípulo suyo propuso otra lógica trivalente la cual usaba un rango entero $[-1, 0, 1]$ en vez del $[0, 1, 2]$. A pesar de todo esta alternativa no consiguió la aceptación necesaria para seguir desarrollándose y ha pasado desapercibida hasta nuestros días.

Es reconocido que un importante punto de evolución en el moderno concepto de incertidumbre fue la publicación en 1965 de un artículo del profesor Lofti A Zadeh (Zadeh, 1965), aunque alguna de las ideas aquí expuestas fueran ya imaginadas por el filósofo americano Max Black treinta años antes. En dicho artículo, Zadeh presenta una teoría cuyos elementos, los conjuntos borrosos, son conjuntos con sus límites no definidos claramente. La pertenencia o no a un conjunto por parte de un elemento, no es una cuestión de pertenecer o no pertenecer, sino una cuestión de grado de pertenencia.

La importancia de este artículo no sólo radicaba en que desafiaba la teoría de la probabilidad como único agente portador de incertidumbre, si no que además introducía un nuevo concepto en las bases de la lógica bivalente aristotélica.

Dado un conjunto borroso A y un elemento de ese conjunto x, la proposición «x pertenece a A» no es necesariamente verdadero o falso, como requiere que sea la lógica bivalente, si no que puede ser cierto o falso en un cierto grado, el grado en el que x pertenece a A. Es muy común, aunque no necesariamente ha de hacerse así, expresar los grados de pertenencia a conjuntos borrosos como los grados de verdad de las proposiciones asociadas, a través de

números reales en el intervalo cerrado $[0,1]$. Los extremos del intervalo, 0 y 1 respectivamente, representan la negación o la afirmación total, ya sea del grado de pertenencia o de la certeza o falsedad de la proposición asociada.

La capacidad de los conjuntos borrosos de expresar la transición gradual de la pertenencia o la no pertenencia tiene una utilidad importante. No sólo proporciona una completa representación de la medida de la incertidumbre, si no que además nos permite la representación de conceptos vagos que utilizamos comúnmente en el lenguaje natural. Por ejemplo, en lugar de describir el potencial económico de una persona en términos de los valores numéricos de su cuenta corriente o patrimonio, simplemente decimos que esa persona es «rica».

Esta última descripción a pesar de ser muy inexacta y poco concreta, es de uso muy habitual en el lenguaje cotidiano. Semejante términos cubren una amplia gama de posibilidades, pues para todo el mundo es claro que una persona que posea en su cuenta 1.000 millones es una persona «rica» y una persona indigente no es una persona rica. Pero qué ocurre con una persona que posea en su cuenta corriente 30 millones de pesetas, ¿es «rica»? ¿«no es rica»? ¿dónde está la línea divisoria?

Podríamos decir que una persona que posea más de 100 millones de pesetas es considerada rica, pero entonces una persona con 99 millones ¿no deberíamos considerarla «rica»? Esto sería inaceptable, pues 1 millón de pesetas no es cantidad suficiente para distinguir a una persona de otra en cuestión de potencial económico.

Con este sencillo ejemplo se puede ver que no se puede poner un límite exacto para representar un concepto, se debe pues permitir que en el término «rico» se pueda introducir un cierto nivel de vaguedad permitiendo algún tipo de transición gradual desde la persona claramente considerada «rica» a la que claramente no pueda considerarse «rica». Esto es de hecho, el concepto básico de conjunto borroso, un concepto simple y fácilmente comprensible y que forma en esencia una generalización de la teoría clásica de conjuntos.

El conjunto clásico separa en cierta medida a los elementos del universo de discurso en dos grupos, los que sin duda pertenecen a él y los que claramente no pertenecen. Existe una clara distinción entre unos y otros. Sin embargo, muchos conceptos que en la vida cotidiana usamos para clasificar definen conjuntos que no poseen esta característica. Se podrían poner muchos ejemplos como el conjunto de gente joven, el conjunto de números mucho mayores que 1, el conjunto de coches rápidos, etc. Es fácil ver que estos conjuntos tienen unos límites imprecisos que facilitan la transición gradual desde una «pertenencia» al conjunto a una «no pertenencia» al mismo.

Un conjunto borroso puede ser definido matemáticamente asignando a cada posible individuo en el universo de discurso un valor que representa en grado de pertenencia al conjunto borroso. Este grado corresponde al grado con el cual este individuo es similar o compatible con el concepto representado por el conjunto borroso. Por lo tanto, determinados individuos pueden pertenecer al conjunto borroso en un mayor o menor grado en función de su grado de pertenencia.

Anteriormente se ya se apuntó que este grado de pertenencia a menudo es representado

por números reales en el intervalo cerrado $[0,1]$. Volviendo al ejemplo anterior, un conjunto borroso que representara a las personas ricas podría signar a una persona con 100 millones un grado de pertenencia de 1, la persona que con 99 millones era en principio excluida con la teoría clásica de conjuntos podría ahora ser incluida en este nuevo conjunto asignándole un grado de pertenencia al mismo de 0.95, grados intermedios podrían ser asignado a otras cantidades. Estos grados de pertenencia significan en sí mismos las posibles aproximaciones al concepto de «rico» que queremos representar, y además este conjunto difuso de «gente rica» modela la inherente flexibilidad que surge en términos del lenguaje común.

Debido a que la pertenencia exacta o no de un elemento a un conjunto difuso puede ser representada por los valores concretos de 0 y 1, podemos considerar el concepto de conjunto clásico como un caso particular de los conjuntos difusos, en los cuales la función de pertenencia sólo puede tomar estos dos valores, 0 ó 1.

Se ha de evitar desde el principio confundir la función de pertenencia de un conjunto borroso con una función de densidad de probabilidad. Debe tenerse siempre presente que la función de pertenencia de un conjunto borroso indica hasta qué punto cierto valor de una magnitud puede ser incluido en un conjunto borroso, mientras que la probabilidad, por su parte, indica la frecuencia con que los diversos valores de una magnitud se presentan en una muestra o prueba experimental.

Explicándolo con el clásico ejemplo de la botella, la función de pertenencia indica el grado en que podemos incluir una cierta botella con una determinada cantidad de líquido dentro del conjunto de las *botellas vacías* y en el de las *botellas llenas*, mientras que la probabilidad nos informa sobre cuantas botellas de las encontradas podremos incluir en cada uno de dichos conjuntos. Una probabilidad 0.33 de *botellas vacías* nos indica que de cada 100 botellas que tomemos 33 estarán vacías, mientras que una pertenencia de 0.33 al conjunto *botellas vacías* indicará que nuestra botella incluye un tercio de litro del líquido de que se trate (supuesta una botella de un litro de capacidad).

Aunque muchas de las expresiones matemáticas de la lógica borrosa son similares a otras del campo de la probabilidad, su sentido es bien distinto. Las funciones de pertenencia a un conjunto son fijadas arbitrariamente por el observador, indicando el significado que éste asigna a cada una de las variables lingüísticas que definen los conjuntos. Por su parte la probabilidad se determina por observación de la ocurrencia de los valores de una magnitud, en algunos casos se realiza la medida de esta probabilidad mediante la realización de experimentos, y en otros casos se supone un modelo matemático del que posteriormente se comprueba su bondad.

Existe mucha confusión, sobre el exacto significado de la «borrosidad» y lo que intenta representar. Mucha de esta confusión es asociada con la facilidad con que se usan los mismos conceptos para determinar diversos tipos de imprecisión (la característica fundamental de la «borrosidad»). Se puede hablar de «imprecisión en la medida» en términos de: incertidumbre, imprecisión, inexactitud. También podemos hablar de imprecisión bajo el punto de vista probabilístico, y entonces podemos usar términos del tipo: incierto, probable. Finalmente podemos hablar de imprecisión en la descripción de algo y entonces podremos usar adjetivos del tipo: vago, borroso, posible.

La imprecisión asociada a cada uno de los conceptos anteriores tiene un significado claramente distinto. Mientras que si hablamos de imprecisión en la medida, estamos representando una falta de conocimiento respecto a algo, cuando hablamos de imprecisión bajo un punto de vista probabilístico no referimos a la incertidumbre respecto a la ocurrencia de un suceso futuro.

La imprecisión bajo el punto de vista de la descripción de algo esta relacionada de forma intrínseca con el elemento en sí, el cual es «per se» borroso.

La lógica difusa tiene que ver claramente con este tercer tipo de imprecisión, no se relaciona con la capacidad de medir con más o menos precisión, si no con la imprecisión asociada intrínsecamente a la descripción de un fenómeno. Sin embargo estos conceptos en principio bien diferenciados veremos que llegan a complementarse a la hora de comprender el funcionamiento de determinados sistemas, relajando la extrema precisión de los sistemas de medida. A pesar de todo el tipo de imprecisión e inexactitud que los modelos borrosos utilizan son independientes de los sistemas de medida asociados con su control. Este tipo de imprecisión no se elimina aumentando la precisión de los sistemas de medida.

Existe una clara relación semántica entre el concepto de «borroso» y ambiguo. La ambigüedad se relaciona con la propiedad de que algo puede tener varias interpretaciones, todas ellas con cierto grado de ser razonablemente correctas. Las diferentes interpretaciones pueden tener distintos grados de credibilidad, es decir, de las distintas alternativas, normalmente una tiene un grado mayor o menor de ser la interpretación correcta. En el lenguaje cotidiano esto es muy habitual. Además la interpretación no sólo depende de la ambigüedad en sí del hecho, si no que se ve afectada por condicionantes externos ya sea del entorno en donde se produce como del propio individuo que tiene que interpretarla.

La «borrosidad» o «vaguedad» es un fenómeno que es inherente al pensamiento humano y al proceso en sí del conocimiento. En las ciencias humanas, los datos y los procesos pueden ser o no ser vagos, pueden ser o no ser medibles, pueden ser subjetivos o no. Los modelos matemáticos clásicos y exactos cuando son usados para tomar decisiones deben ser cuestionados especialmente si el entorno en que se ha de producir determinada solución es incierto. Si nuestro conocimiento del entorno es difuso como ocurre en muchos campos de la ingeniería, el modelo a utilizar debe incluir el concepto nivel de presunción.

Los números borrosos, base de los conjuntos difusos, y por ende de la lógica difusa, han sido creados para reflejar la vaguedad de la percepción humana y por lo tanto la noción del nivel de percepción con el que se observa un fenómeno. Los números «difusos» o «borrosos» representan en gran medida y con mucho más realismo el proceso del conocimiento humano.

Los conjuntos «borrosos» surgen por lo tanto de la necesidad de conectar los modelos matemáticos y sus interpretaciones empíricas (reales). La realidad no es perfecta, no es exacta y menos cuando nos movemos en determinados campos relacionados con el conocimiento y la percepción humana. Una línea recta trazada con un plotter de alta precisión mirada con una lupa no deja de ser una secuencia de pequeños puntos mas o menos ordenados. La imprecisión (evidentemente controlada) surge como una necesidad.

Este nuevo concepto presenta una serie de ventajas como son el permitir expresar de

forma sistemática observaciones y medidas inciertas de todo tipo de fenómenos que están en medio de valores concretos pero que no pertenecen claramente a ninguno de los extremos de los intervalos de sus valores.

El concepto de «borroso» permite agrupar también una serie de datos y poderlos procesar más eficientemente que considerándolos uno a uno independientemente. Otra gran ventaja de esta nueva idea es el hecho de su gran potencial expresivo, lo que le permite trabajar con una gran gama de problemas. En particular posee la capacidad de captar y trabajar con el significado de sentencias expresadas en lenguaje natural, el lenguaje coloquial que usa el ser humano. Y como consecuencia fundamental de esto último posee la capacidad de capturar el proceso de razonamiento del ser humano partiendo de unas bases de conocimiento, de tal manera que es capaz de sistematizarlo y llegar a construir en base al mismo, una verdadera «máquina de razonar» similar al de los seres humanos, incluso con capacidades de entrenamiento para un funcionamiento óptimo, aprendizaje y autoaprendizaje.

La mayoría de los fenómenos que encontramos habitualmente son imprecisos, es decir, conllevan un cierto grado de "borrosidad" en la descripción de su naturaleza. Esta imprecisión puede ser asociada con su forma, posición, la velocidad adquirida, color, la textura, o incluso la semántica que describa lo que son. En muchos casos el mismo concepto tendrá diferentes grados de imprecisión en contextos diferentes o diferentes momentos.

Así un día caliente en invierno no es exactamente el mismo como un día caliente en verano. La definición exacta de cuando la temperatura va de «calurosa» a «caliente» es imprecisa y no se puede identificar una temperatura exacta que es "calurosa", y, cuando subimos un solo grado, la temperatura es considerada caliente. Este tipo de imprecisión asociada con los fenómenos continuos es común en todos los campos de estudio: la sociología, la física, la biología, la finanzas, la ingeniería, la oceanografía, la psicología, etc.

En la vida cotidiana se presta poca atención a la imprecisión de nuestro mundo. Se acepta como una consecuencia natural del tipo de cuestiones con las que se trabaja. La dicotomía entre el rigor y precisión de los modelos matemáticos en todos los campos del conocimiento y la incertidumbre intrínseca del "mundo real" generalmente no es tomada en cuenta por el ingeniero, obsesionado con la idea de la exactitud y la precisión.

Casi siempre se trata de aproximar los fenómenos observados por funciones matemáticas más o menos precisas y escoger una solución que satisfaga de la forma lo más exacta posible los datos experimentales o estadísticos, a pesar de todo el mundo es capaz de comprender y utilizar información que le es dada de forma imprecisa. Se deben pues considerar tales imprecisiones como una ayuda para la comprensión y no como algo a evitar siempre.

Las personas son capaces de formular planes y tomar decisiones bajo condiciones elevadas de vaguedad y ambigüedad.

Considérense las siguientes afirmaciones cotidianas del lenguaje coloquial:

- el riesgo de que llueva durante la construcción de la estructura es bajo.
- los precios de los materiales están creciendo de forma desorbitada.

- la mano de obra con la que contamos para esta fase es escasa.
- los plazos con los que contamos son muy cortos.

Este tipo de proposiciones forman el núcleo de la relación de las personas con las cuestiones habituales del mundo real, con las que tienen que trabajar. Como se puede ver, en principio, son incompatibles con los tradicionales sistemas y modelos de información clásicamente ingenieriles.

Considérese la siguiente situación: dos personas viajan en un vehículo y se disponen a aparcarlo, como el espacio es pequeño una de ellas se baja del mismo y se dispone a dirigir la operación de aparcamiento desde el exterior del vehículo. Entonces se dirige al conductor con expresiones de este tipo:

- «dale un poquito para atrás»
- «despacio hacia adelante»
- «gira un pelo a la derecha»
- «vuelve a girar al otro sentido a tope»
- «hacia atrás un casi nada»

No cabe la menor duda que la persona aparcará el vehículo y además no hará daño a ninguno de los otros aparcados. Estas expresiones utilizadas no cabe duda que son un claro exponente de imprecisión y vaguedad y sin embargo han servido de forma eficiente para realizar un acto concreto.

Imaginemos la misma situación pero la persona que está fuera del vehículo se dirige al conductor con expresiones de este tipo:

- «dale 33 cm. hacia atrás»
- «hacia adelante a 7 Km. por hora durante 0.5 segundos»
- «gira 2 grados a la derecha»
- «vuelve a girar al otro sentido 66 grados»
- «hacia atrás 12 cm.»

Sin duda esta información presenta un claras desventajas respecto a la primera, no se pretende decir que con ella no se lograra aparcar el vehículo, pero no cabe duda que presenta dos inconvenientes fundamentales, el primero es que esa información sea exactamente la correcta y segundo que la persona a la que va dirigida entienda lo que se le dice y que sea capaz de ejecutarla de forma precisa. A pesar de todo no cabe duda que esta información es técnicamente mas correcta que la primera.

Vemos pues que la vaguedad no es sinónimo de confusión ni de imprecisión en sentido estricto, muy al contrario podemos incluso beneficiarnos de ella. Además es claro que el ser humano habitualmente se expresa de la primera forma y este tipo de expresiones que los demás seres humanos son capaces de procesar, serían en principio, intratables por un ordenador.

Los sistemas actuales altamente basados en procesar la información mediante el uso de ordenadores requieren evidentemente un alto grado de precisión en la información que se les facilita. Cómo se puede salvar esta aparente distancia entre el tipo de información requerido por

las máquinas y la información que intercambian entre sí los seres humanos². El objetivo es claro si el ser humano puede tomar decisiones y actuar en condiciones y con informaciones difusas, por qué no pueden hacerlo las máquinas.

Las afirmaciones que se han hecho hasta aquí cobran especial importancia en determinados campos de la ingeniería en donde la información con la que se trabaja o la información de la que se dispone presenta esta característica antes mencionada de difusa, vaga o altamente imprecisa, y no es posible cambiar el modo de operar pues ciertos datos son difícilmente cuantificables de forma precisa.

Uno de estos campos es sin duda la dirección de proyectos de construcción, y en general muchas cuestiones relacionadas con este mundo. Una de ellas puede ser la evaluación de ciertas características de empresas constructoras que lejos de ser difícilmente cuantificables, es necesario jerarquizar de alguna manera para posteriormente poder tomar una decisión.

En el campo de la dirección y gestión de la construcción civil debido a la propia naturaleza de la misma, las cuestiones de precisión y exactitud se demuestran claramente inoperativas. En principio el propio entorno en el que se desarrollan las actividades sujetas a cambios constantes, influenciadas por innumerables condicionantes externos de todo tipo, clima, factores económicos, socio-laborales; la cantidad de personajes y figuras involucradas en la misma, la variedad, en tipo y procedencia, de los recursos utilizados, etc. Todo ello hace que la toma de decisiones respecto a cualquier cuestión relacionada con la gestión de la construcción tome un carácter claramente incierto y, en principio, difícilmente estructurable o programable.

Desde los inicios de la revolución industrial el hombre³ a tratado de mejorar su bienestar tratando de pasar las tareas mas arduas del trabajo cotidiano a las máquinas, y no cabe duda de que lo ha ido consiguiendo. Con la llegada masiva de los ordenadores en la década de los años ochenta se traspasa a estas máquinas tareas ya no físicas si no de tipo más «intelectual» que deberían de ser realizadas de forma repetitiva y que pueden ser en cierta medida programables.

Quedan ahora tareas que en principio son inherentes al ser humano dado su carácter impreciso, vago, complejo, altamente variables y que en principio sólo la inteligencia de las personas y su capacidad de improvisar puede manejar.

Tareas de este tipo son las que se han mencionado anteriormente y que se dan de forma habitual entre las personas que se dedican a la gerencia y dirección de obras de construcción.

Y es aquí donde la teoría de los conjunto difusos y la lógica difusa surge como herramienta para tratar de emular de forma sistemática el proceso de razonamiento del ser humano en campos como los mencionados anteriormente, los cuales serían difíciles de abordar mediante las teorías clásicas de los conjuntos convencionales y de la lógica bivalente.

2. LOS TIPOS DE INCERTIDUMBRE

Muchas partes de las matemáticas trabajan con la idea de incertidumbre, por ejemplo, la teoría de la probabilidad, la teoría de errores, etc. Sin embargo conviene diferenciar la incertidumbre con la que aquí se va a tratar de forma masiva. Podríamos definir dos tipos de incerti-

dumbre fundamentalmente: la incertidumbre probabilística y la incertidumbre en el lenguaje.

La primera de ellas está ligada al desconocimiento de la ocurrencia en determinadas condiciones de un suceso. Por ejemplo se puede afirmar «la probabilidad de obtener beneficios en esta obra es de un 80%». Esta afirmación es clara en el sentido que se conoce exactamente lo que se evalúa. La incertidumbre reside en el hecho de que el evento ($\text{ingresos} - \text{costes} > 0$) ocurra o no. Evidentemente sobre esta incertidumbre no se pueden conseguir más mejoras, ni se conseguirán nunca, a no ser que seamos capaces de conocer a ciencia exacta el futuro, podemos eso sí estimar la posibilidad del evento, pero nada más.

Existe otra incertidumbre, como ya se ha apuntado, ligada a la forma en que los seres humanos se expresan. Este tipo de incertidumbre conlleva una imprecisión inherente a la mayoría de las expresiones humanas y que se usan para evaluar conceptos y derivar consecuencias. Los seres humanos son capaces de trabajar con tales expresiones, pero las máquinas no. Aunque muchos de los conceptos con los que trabaja el ser humano no están definidos de forma precisa, éstos son capaces de usarlos en evaluaciones complejas y toma de decisiones que están basadas en una gran variedad de factores. Usando la abstracción propia del ser humano, unas sencillas sentencias, de todo punto imprecisas bajo un punto de vista formal, pueden describir para un ser humano, complejos contextos que sería imposible modelar de forma matemática con precisión.

Considérese ahora la siguiente afirmación «este año probablemente contrataremos muchas más obras que el año pasado». Esta afirmación que podría ser oída en una reunión del consejo de administración de cualquier empresa constructora que espera que el próximo año sea mejor que el pasado, es claramente incierta por los motivos que a continuación se exponen, pero seguramente en dicha reunión nadie resultaría extrañado, y todo el mundo captaría la idea que se trata de transmitir, y es más, se podría incluso tomar decisiones basadas en dicha afirmación.

Como se dijo, esta frase es incierta, por dos motivos:

1.- ¿cuántas obras son «muchas más»?; dependiendo del número de obras del pasado año este término puede significar 10, 50, 200

2.- ¿qué cantidad de probabilidad es «probablemente»? El significado de probabilidad en este caso tiene un valor distinto al primer ejemplo. En éste se consideraba una probabilidad matemática, que ahora puede tener muchos valores. En este ejemplo podría ser 90% su valor. Sin embargo si «probablemente esta estructura se colapse», «probablemente» podría significar un valor del 5%.

Basta observar las expresiones con las que se dan noticias de alcance en los noticiarios de un país cualquiera para ver que expresiones de lo más impreciso son utilizadas para describir noticias o situaciones de alcance. En las fechas en las que se está redactando este texto, expresiones como que «la recuperación económica esta próxima» son habituales y es más, en boca de determinados personajes políticos pueden desencadenar movimientos sociales y económicos importantes, cuando en realidad y bajo un punto de vista estrictamente «científico», con la afirmación anterior no se ha dicho prácticamente nada.

Las juicios que realizan las personas juegan un papel fundamental en el proceso de toma de decisiones. Incluso aunque una afirmación o proposición no contenga valores cuantitativos, las personas pueden usarlas para evaluaciones complejas. En muchos casos la incertidumbre inherente a una definición añade un grado de flexibilidad a la misma. Si en una reunión se pretenden fijar objetivos para la realización de trabajos en la próxima semana y no se quiere especificar cual es la cantidad exacta del incremento de tareas a realizar, se podría recurrir a «trataremos de mejorar el rendimiento en la semana que próxima» y todo el mundo entendería los deseos del capataz, o director de obra.

La flexibilidad de las palabras es empleada por todo el mundo. En el mundo del derecho sería imposible definir con números todos los casos posibles de un determinado delito o delitos que se juzgan. De ser así un ordenador podría definir la condena de un presunto delincuente simplemente introduciendo los valores de su delito. Sin embargo la figura del juez es necesaria para resolver la infinitud de casos que se presentan. Además su misión es «interpretar las leyes» precisamente debido a su incertidumbre.

Nos encontramos pues ante un dilema, por un lado si algo es preciso es muy complejo, si es muy sencillo, no cubre todos los casos. He aquí donde los conjuntos borrosos asociados a la lógica difusa y en combinación con técnicas basadas en redes neuronales y en algoritmos genéticos pueden ayudar a construir sistemas expertos que tratan de imitar y sistematizar (en la medida de lo posible) el proceso de conocimiento y razonamiento humano.

3. SISTEMAS EXPERTOS. INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

El hombre ha tratado a lo largo de su historia de redimir al mismo de los trabajos físicos mediante el uso de mecanismos e inventos que le librarán de la pesada carga del trabajo. Esta vocación se vio culminada de forma plena con la invención de la máquina de vapor que marcó un hito en el desarrollo de los sistemas que liberaron al ser humano del trabajo físico.

Es a partir de ese momento cuando el hombre busca nuevos desafíos en el difícil camino de cambiar el legado bíblico del trabajo, tratando de encontrar sustituto al ser humano, no ya del trabajo físico, si no del trabajo intelectual.

En un principio las máquinas calculadoras y demás inventos similares se ocuparon de redimir al ser humano ya no del esfuerzo intelectual de realizar operaciones lógico-matemáticas si no de ayudarlo en tareas que difícilmente el ser humano sería capaz de realizar, nos estamos refiriendo al cálculo masivo.

Superada esta etapa y con la llegada masiva en las últimas décadas de los microprocesadores al mundo de la técnica, el hombre ha ido tratando de dar un paso más en la difícil tarea antes mencionada.

Se trata ahora de encontrar sistemas capaces de realizar una de las facultades de las que el ser humano se ha sentido más orgulloso desde que inicio su separación de las demás especies de la naturaleza, nos estamos refiriendo a la capacidad de razonar.

Esta tarea se planteo difícil desde un principio, pues al contrario de lo que ocurría en la

etapa anterior en que las premisas de los problemas que se trataban de resolver eran claras, así como los métodos a aplicar y los resultados que se pretendían conocer, ahora la labor se ve ampliamente afectada por una indefinición de los planteamientos iniciales, del entorno en que se pretende resolver el problema y de la difícil determinación de la solución que a veces se pretende encontrar, al poder ser consideradas como válidas en muchos casos varias soluciones.

La simulación de capacidad de razonamiento del ser humano por una máquina o un software es una labor compleja que va más allá del simple cálculo matemático. Tratar de construir una máquina que se asemeje aunque de forma primitiva al razonamiento humano parece labor ardua y difícil teniendo en cuenta la indefinición e indeterminación en que se mueven las premisas y los procesos de razonamiento humano, que a su vez se ven afectados por un sin fin de condicionantes externos.

Lo expuesto anteriormente se ha mostrado revelador de la necesidad del estudio de la indeterminación, la imprecisión, la «borrosidad», la relatividad, como fenómenos inherentes al razonamiento humano. Por este y otros motivos, uno de los desafíos a los que se enfrentan las ciencias y las matemáticas en el último siglo es el manejo del concepto de lo que se podría denominar de forma general como incertidumbre. En las ciencias, en general, en los últimos años esta preocupación se refleja en el hecho de que un concepto en principio indeseable, que se debería evitar a toda costa, se está convirtiendo en un concepto admisible con el que se puede trabajar y además, se quiera o no, no podemos evitarlo, pues el mundo que nos rodea es en gran medida incierto en muchos de sus aspectos.

Como ya se ha mencionado, la visión tradicional de las ciencias que pretendían obtener resultados exactos de todos los problemas que se planteaban, estaba relacionada con palabras como certeza, precisión, exactitud, nitidez, etc. Esta visión por lo tanto hacía ver que los conceptos inversos, es decir, incertidumbre, imprecisión, inexactitud, vaguedad, fueran asociados a cuestiones no científicas.

A principios del siglo XX la visión newtoniana de las ciencias se vio claramente insuficiente cuando los estudios de la materia se iniciaron a nivel molecular. La exactitud y precisión de las leyes de Newton que regían la mecánica a nivel macroscópico se vieron sustituidas por conceptos estadísticos de probabilidad e incertidumbre que dominaban en la mecánica cuántica.

Bajo el punto de vista del modelo de razonamiento que se pretende realizar cabe recordar un comentario de Albert Einstein: «cuanto más se pretenda que algo se asemeje a la realidad mas impreciso será y cuanto más preciso sea más se alejará de la realidad».

La lógica borrosa introducida por Zadeh a partir de la idea de los conjuntos borrosos, a pesar de sus detractores, se ha revelado en los últimos años como una herramienta eficaz para modelar el proceso de razonamiento humano. La expresión práctica del mismo se ha implementado a través de la tecnología del control borroso basado en reglas o sentencias, cuya versión práctica aplicada a la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre, se han venido a denominar sistemas expertos. Su aplicación a sistemas mecánicos de control se revelado en los últimos tiempos de forma espectacular dando lugar a lo que se ha venido en denominar control borroso.

Cuando se acomete la labor de simular el razonamiento humano de forma automática se

ve claramente que los procesos de inferencia basados en la lógica tradicional se revelan a todas luces insuficientes por las razones antes expuestas.

Es cuando, debido a esta necesidad de razonar en condiciones de incertidumbre cuando surge el modelo de la lógica borrosa como herramienta capaz de acercarse de forma razonable al modelo de razonamiento humano. Y no sólo al proceso de razonamiento en si, sino a la capacidad de modelar las premisas en forma similar a como lo hace el ser humano, manejando conceptos que carecen de la exactitud numérica con la que están acostumbrados a trabajar otras ramas de la ciencia.

Estos sistemas basados en los procesos de borrosificación, aplicación de la base de reglas y desborrosificación forman el cuerpo de razonamiento artificial de lo mismos.

De todos los posibles campos de la ingeniería y otras ciencias a las que es factible la aplicación de sistemas expertos, ya sea para la toma de decisiones o el asesoramiento a las mismas, es el mundo de la ingeniería de la construcción entre otros, uno de los más proclives a ser utilizado por las características de incertidumbre en que se definen sus problemas. Los factores externos, en un principio poco definidos que le pueden afectar de forma sustancial, así como los criterios en muchos casos no sólo de tipo numérico, si no de otra índole como políticos o sociales, etc, hacen las soluciones no únicas ni matemáticamente exactas.

Uno de los problemas con los que se encuentra una ingeniería es la selección de contratista en forma ventajosa dentro de una lista que acude a licitación. Aunque el procedimiento está claramente definido por varias asociaciones o instituciones de profesionales, que han determinado que el precio ya no es en muchos casos clave en dicha selección, los criterios corresponden normalmente de forma clara al tipo de los expuestos anteriormente, pues raramente hacen referencia a valores concretos. Los parámetros de selección son pues susceptibles de modelar a través de variables difusas tal y como las define la teoría de los conjuntos borrosos, teoría previa a la lógica difusa.

Además en muchos casos la propia selección se deja al final en manos de algún técnico experimentado que toma la decisión basada en criterios de difícil modelado matemático convencional (tablas, fórmulas, etc). Es esta base de conocimiento susceptible de ser captada a través de la base de reglas que forman la parte intermedia del controlador borroso o el sistema experto.

Nos encontramos por lo tanto ante un problema que se mueve en una ambiente de indefinición y riesgo que puede ser resuelto de forma apropiada y automática a través de un sistema experto basado en el conocimiento y capaz de automatizar un proceso de razonamiento humano.

En capítulos posteriores se definirán las líneas básicas de los sistemas borrosos en general. Se ha considerado para definirlos una «caja negra» que recibe estímulos externos y responde con una serie de parámetros de salida. Este modelo tan general debe concretarse y para ello se va a establecer una clasificación en base a la utilización de las salidas del sistema, es decir, como van a ser utilizadas las salidas y con que fin.

Ya que el objeto de esta tesis es la construcción de un sistema experto a través de un

controlador basado en tecnología borrosa, creemos conveniente establecer las bases que deben regir la construcción del mismo, definir sus objetivos y alcance.

Un sistema experto no es más que una máquina de razonar que trata de simular el comportamiento humano bajo ciertas condiciones. Antes de nada se debe diferenciar de forma clara lo que es un sistema de control de un sistema experto. Aunque las bases del control borroso y el razonamiento borroso son las mismas, el control borroso no es mas que una aplicación especializada del razonamiento en condiciones de incertidumbre, aunque ambos comparten la misma filosofía y la misma base teórica, estos últimos tienen un objetivo muy concreto, el control de procesos.

Los sistemas de control en si responden normalmente de forma cuantitativa a la hora de tomar acciones de control, normalmente sobre un equipo físico. Por el contrario un sistema experto, que es el que aquí se pretende desarrollar, responde de igual manera con valores numéricos que llevan asociada una decisión de cualquier tipo, pero no sobre ningún equipo físico. Se podría decir que los sistemas de control responde a la pregunta ¿Cuanto? y los sistemas expertos a ¿Cuanto? y ¿Que?.

En la construcción de todo sistema experto debe haber dos personas que juegan un papel fundamental y que deben trabajar de forma conjunta y complementándose. Por una parte «el experto» conocedor del asunto que se pretende simular con el sistema. Por otra el que se podría definir como ingeniero del conocimiento, cuya misión es tratar de extraer del experto su base de conocimiento y sistematizarlo conforme a la estructura de un sistema experto. El experto es la persona cuyos conocimientos va a heredar el sistema, a quien éste va a tratar de simular, para lo cual debe conocer previamente su comportamiento. El que se ha dado en denominar ingeniero del conocimiento será el que construya el sistema experto a imagen y semejanza del experto. Deberá conocer las técnicas del razonamiento en condiciones de incertidumbre y la base matemática teórica en que estos sistemas se fundamentan y que ya se expondrán en capítulos posteriores.

El experto debe estructurar su forma de razonar de tal manera que el desarrollador del sistema pueda comprenderlo e implementarlo. Los procesos de razonamiento de expertos en el campo del conocimiento de que se trate han sido estructurados y desarrollados a lo largo de los últimos años de muy diversas maneras. Las herramientas que pone a nuestra disposición la teoría de los conjuntos borrosos junto, con la lógica difusa, hace posible la plasmación de forma sistemática del conocimiento experto a través de la ya mencionada base de reglas del controlador difuso.

La teoría del control borroso está muy desarrollada a día de hoy, sin embargo existen grandes diferencias a la hora de desarrollar un sistema de control o un sistema experto. El primero requiere unas técnicas de desborrosificación relativamente sofisticadas para determinar los números exactos que corresponden a la acción de control. En los sistemas expertos, en general esta parte no requiere tal grado de sofisticación por lo que se recurrirá a la desborrosificación convencional, teniendo como único parámetro de bondad el que el sistema responda como se desea que lo haga.

Por otra parte en el caso de los sistemas expertos, el razonamiento borroso requiere

grandes dosis de flexibilidad a la hora de construir la base de reglas y la cantidad suele ser mayor que en el caso de los sistemas de control.

Un concepto que surge de forma habitual al hablar de sistemas expertos es el de inteligencia artificial, en la medida en que una máquina es capaz en determinadas circunstancias de actuar de forma autónoma inteligentemente, considerando el término inteligente en su sentido más básico, que correspondería a la capacidad de tomar decisiones en función de unas variables que sirven de estímulo al sistema, pero de forma autónoma.

Un controlador borroso tal y como se define no es una máquina inteligente, pues su comportamiento está ligada a una base de conocimiento introducida previamente. A pesar de todo, puede suponerse cierta independencia por que es capaz de, con relativamente poca información, resolver infinitos casos que se le presenten, y todo ello es no por que sea autónomo, sino por la naturaleza borrosa de los elementos con los que trabaja. Por lo tanto, y a nuestro entender, no es una máquina estrictamente inteligente pues carece de la capacidad de aprender. Es uno de los posibles desarrollos que se indican en esta tesis seguir desarrollando este sistema con capacidades de aprendizaje.

4. LA LOGICA DIFUSA.

La lógica difusa, junto con el álgebra de los conjuntos borrosos, es la base de los sistemas expertos difusos como el que se pretende diseñar.

Se han formulado varias teorías lógicas basadas en múltiples valores de verdad. Estas lógicas se conocen con el nombre de lógicas multievaluadas. Entre ellas las de Lukasiewicz, Bochvar, Kleene, Heyting Reichenbach. La lógica difusa puede ser considerada como una extensión de las lógicas multievaluadas.

La lógica difusa es la lógica utilizada en el razonamiento aproximado. Esencialmente el razonamiento aproximado es la inferencia de una conclusión imprecisa basada en un conjunto de premisas no concretas. Las personas están muy familiarizadas con el razonamiento aproximado porque es el modo más común de razonar en la vida cotidiana. El razonamiento aproximado que no es ni exacto, ni totalmente inexacto, sino una estimación, está íntimamente relacionado con las expresiones del lenguaje natural y las consecuencias que de ellas se derivan. La lógica difusa está relacionada con el razonamiento aproximado en la misma medida que la lógica convencional lo está con el razonamiento exacto.

Existen diferentes teorías entorno a los conjuntos borrosos, la lógica difusa y el razonamiento aproximado. El tipo que aquí se usará es el basado en la teoría del razonamiento aproximado propuesta por Zadeh (Zadeh, 1965, 1975a, 1975 b), la cual hace uso de la lógica difusa, cuya base a su vez, es la lógica no bivalente de Lukasiewicz.

En esta lógica, los valores de verdad son variables lingüísticas que están representadas por conjuntos borrosos, de los que unas ideas generales se exponen a continuación.

5. LOS CONJUNTOS BORROSOS.

5.1. Generalización de la idea de conjunto. El conjunto borroso.

La idea de conjunto esta ligada de forma natural a la relación de pertenencia de un determinado elemento o no a dicho conjunto. Tanto es así que para definir un determinado conjunto lo hacemos definiendo de forma explícita las características comunes que todos los elementos deberían de tener para pertenecer a dicho conjunto. Si hablamos del conjunto de las «frutas» evidentemente una manzana pertenecerá a dicho conjunto por ser en sí una fruta, es decir cumple la condición fundamental «ser una fruta». Si hablamos del conjunto de «números naturales pares», también la definición es clara y podríamos decir fácilmente si un número pertenece o no a dicho conjunto.

Qué ocurriría si se tratara de definir el conjunto de las «frutas dulces» o el de los «números naturales pares mucho mayores que 100», es claro que la definición no delimita de forma clara la frontera de pertenencia o no a dicho conjunto. Preguntadas varias personas sobre la pertenencia de un determinado elemento a uno de dichos conjuntos, enseguida surgirían discusiones y opiniones en uno u otro sentido. Precisamente de definiciones como las anteriores nace el concepto de conjunto borroso, difuso, en el que la pertenencia o no, o los límites no son claros.

Este hecho carecería de importancia, si no ocurriera que es habitual que el ser humano se maneje con este tipo de conceptos en su vida ordinaria y que dichos conceptos pueden ser fácilmente asociados a conjuntos borrosos. Este hecho es fundamentalmente la cuestión a nuestro juicio trascendental en la importancia de este nuevo concepto.

5.2. Definiciones fundamentales.

En los conjuntos clásicos la idea de pertenencia de un elemento al conjunto implica que el elemento está completamente en él o no lo está en absoluto. Esta situación puede describirse asignando un 1 a todos los elementos incluidos en el conjunto, y un 0 a los no incluidos. La función que asigna estos valores es la denominada función de inclusión o pertenencia (membership function). Los conjuntos borrosos permiten describir el grado de pertenencia o inclusión de un elemento (o el valor de una variable) al concepto dado por la etiqueta que le da nombre, asignando un número real entre 0 y 1. Así por ejemplo, podremos definir el conjunto de las «frutas dulces».

La teoría de los conjunto borrosos parte de la teoría clásica de los conjuntos, añadiendo una función de pertenencia al conjunto, definida por un número real en el intervalo $[0,1]$. Así se introduce el conjunto o subconjunto borroso asociado a un determinado valor lingüístico, definido por una palabra, adjetivo o etiqueta lingüística. Para cada conjunto o subconjunto borroso A se define una función de pertenencia o inclusión $\mu_A(x)$, que indica el grado de pertenencia del elemento x al conjunto A , o dicho de otra forma, el grado de verdad de la afirmación siguiente « $x \in A$ ».

Al conjunto de todos los elementos que pueden ser incluidos o no en un conjunto borroso se le llama universo de discurso U , y al conjunto para los que $\mu_A(x) > 0$ se le llama conjunto

soportado. En términos matemáticos, un conjunto borroso A queda definido por una función de inclusión $\mu_A(x): A \subset U \rightarrow [0,1]$ donde $\mu_A(x)$ representa el grado en el que x pertenece al conjunto borroso A . Ello representa la generalización antes mencionada pues un conjunto clásico sería el conjunto en que la función de pertenencia sólo toma los valores discretos 0 (no pertenencia absoluta) y 1 (pertenencia absoluta).

Según estas definiciones el universo de discurso en los ejemplos anteriores serían respectivamente «las frutas» y los números naturales mayores que cien. Entrando en detalle sobre elementos concretos de esos universos y con objeto de incluirlos o no en los subconjuntos definidos tendríamos que ir asignando a cada elemento concreto un valor concreto para la función de pertenencia de cada uno de ellos así por ejemplo una manzana tendría una función de pertenencia $\mu_A(x) = 1$ por ser claramente dulce y un pomelo tendría $\mu_A(x) = 0$ por el motivo contrario, sin embargo una fresa podría asignársele un valor de $\mu_A(x) = 0,5$ por tener cierto sabor «agridulce».

Con el otro ejemplo ocurriría lo mismo, un número como 1.00.000 es claramente mayor que cien, por lo tanto $\mu_A(x) = 1$, el número 2 por el motivo contrario tendría $\mu_A(x) = 0$. Números como 160 tendría valores del tipo $\mu_A(x) = 0,6$ según el criterio que consideremos, lo que si esta claro es que es mayor que 100, el grado depende de lo que entendamos por la palabra «mucho».

5.3. Variables lingüísticas.

Se denomina variable lingüística a aquella variable que puede tomar por valores términos del lenguaje natural, tales términos encajan perfectamente con la idea de adjetivo calificativo. Se podría hacer un paralelismo entre la idea de nombre y adjetivo con la idea de variable lingüística y los valores difusos que toma esa variable de la forma que a continuación se indica:

lenguaje natural

concepto matemático

nombre

variable

adjetivo calificativo

valores difusos de la variable

Por ejemplo la temperatura es una variable (nombre) que puede tomar valores numéricos o valores difusos (adjetivos) como alta, baja, media, etc. Bajo este punto de vista un adjetivo puede asociarse a un número «borroso» pues en realidad agrupa a un conjunto de valores numéricos con distintos grados de pertenencia a la idea que representa el propio adjetivo.

Resumiendo una variable considerada como lingüística no toma valores numéricos si no valores difusos, que a su vez engloban valores numéricos. Prácticamente de cualquier variable numérica se puede hacer su equivalente difusa. Dicho proceso es conocido como «borrosificar» o «difuminar».

El concepto lingüístico de adverbio de modo o cantidad (mucho, poco, bastante, muy) también tiene una asociación a un concepto matemático bajo el punto de vista de la modificación una variable. Así el valor «muy alta» de la variable temperatura se verá reflejado por una modi-

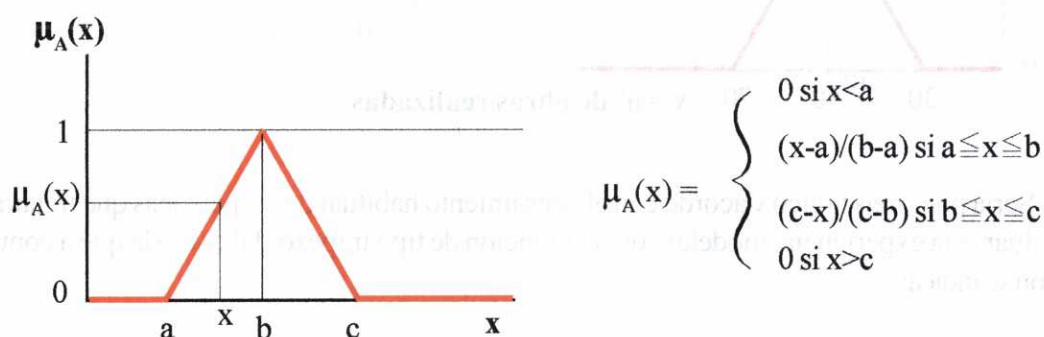
ficación en la función de pertenencia que describe el valor difuso «alta», ya sea a través de coeficientes o funciones que la modifiquen y que reflejen de alguna manera lo que entendemos coloquialmente por muy alta.

Los conjuntos borrosos permiten pues la representación de conceptos vagos e imprecisos que se expresan en el lenguaje natural. Su representación depende no sólo del concepto a representar, si no del contexto en el que es usado. Por ejemplo, el concepto «alto» aplicado al importe de un presupuesto para una obra de una vivienda unifamiliar tiene un significado muy distinto que si nos referimos a la construcción de una autopista.

5.4. Tipos de funciones de pertenencia de conjuntos borrosos.

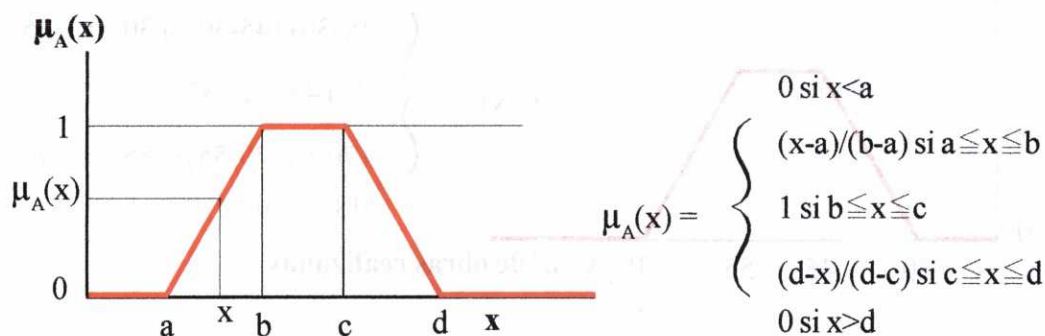
La función de pertenencia (membership function) de un conjunto borroso consiste en un conjunto de pares ordenados $A = \{(x, \mu_A(x)) / x \in U\}$ si la variable es discreta, o una función continua $x \rightarrow \mu_A(x)$ si no lo es. Como ya se ha comentado, el valor de $\mu_A(x)$ indica el grado en el que el valor x de la variable que pertenece al universo de discurso U está incluida en el concepto representado por la variable lingüística A . Para la definición de estas funciones de pertenencia se utilizan convencionalmente ciertas familias de curvas de formas tipo, por ser las que mejor reflejan el significado lingüístico de las variables más utilizadas. Las más habituales son las de tipo triangular, trapezoidal, singleton, S , exponencial y tipo π .

Triangular



Esta función sirve para modelar propiedades con un valor de inclusión distinto de cero para un rango de valores estrecho entorno a un punto b .

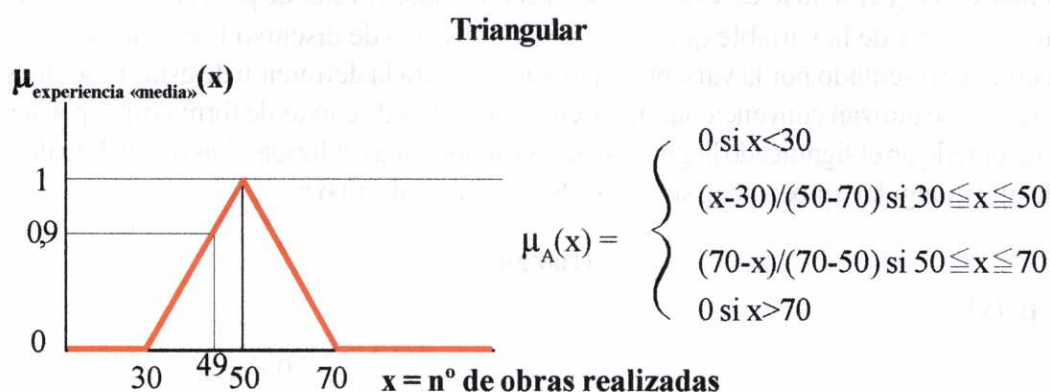
Trapezoidal



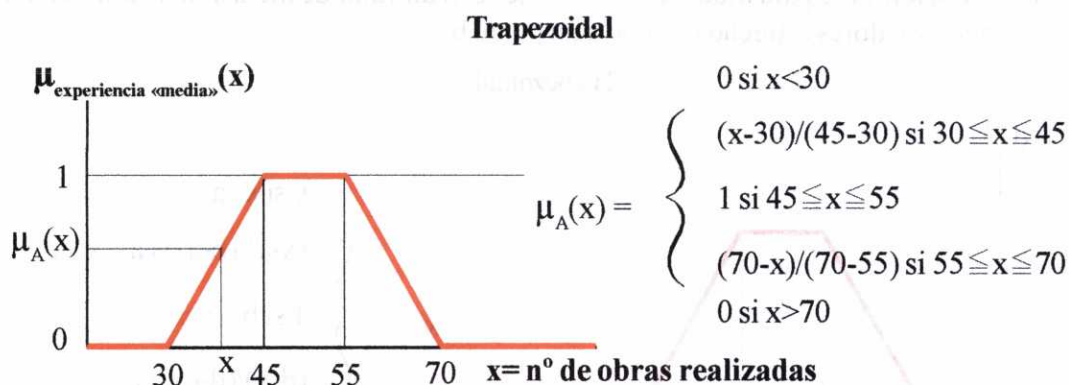
Esta función se utiliza habitualmente para modelar propiedades con un rango de certeza total, no único sino, en un intervalo definido por la zona b, c . Por ejemplo si estamos tratando de

evaluar la experiencia de una constructora en la realización de determinado tipo de construcción industrial. podríamos definir una variable lingüística denominada «experiencia» que tomaría valores difusos del tipo «ninguna», «poca», «media», «alta», «muy alta». Los valores que tomaría la variable x = número de obras realizadas, sería de 0 a un número relativamente grande como podría ser 100, es decir el universo de discurso sería $U=[0,100]$ (los números enteros entre cero y 100).

A la hora de definir el conjunto difuso A experiencia «media», mediante su función de pertenencia sería poco realista establecer una función de tipo triangular con un valor central, digamos 50, cuyo valor de la función de pertenencia sea $\mu_A(50)=1$ de tal manera que un contratista que haya realizado 49 obras de ese tipo le sea asignada su experiencia «media» con un número ya inferior a 1, por ejemplo $\mu_A(49)=0,9$, tal como se indica en la figura siguiente. Pues resulta evidente que la experiencia que da el haber realizado 49 obras es similar a la de haber realizado 50.



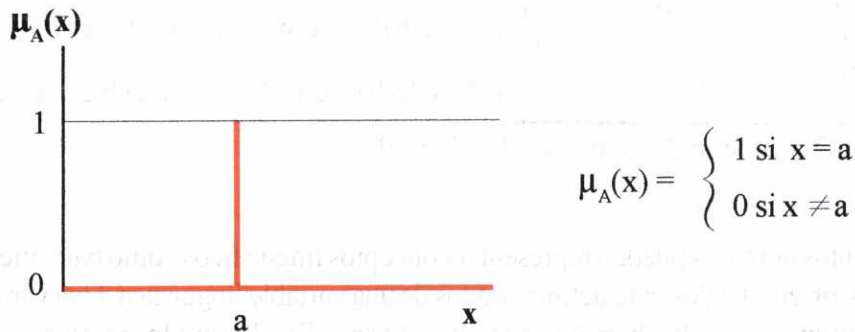
Sería pues más lógico y acorde con el pensamiento habitual de las personas que trataran de evaluar esta experiencia, modelar con una función de tipo trapezoidal como la que a continuación se indica:



Aquí podemos ver que ya consideramos como constructor con experiencia «media» no sólo al que haya hecho 50 obras si no que evaluamos con el mismo grado de verdad a los que hayan hecho entre 45 y 55, lo que parece más razonable y acorde con el lenguaje natural.

Otra de las funciones típicas es la denominada «singleton» que presenta el siguiente aspecto.

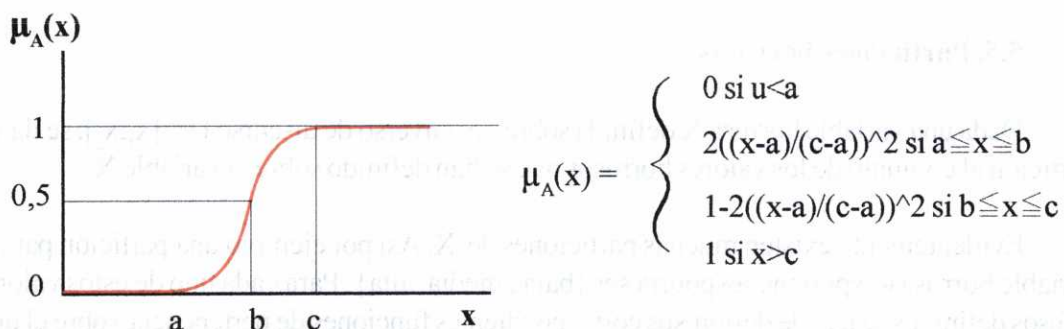
Singleton



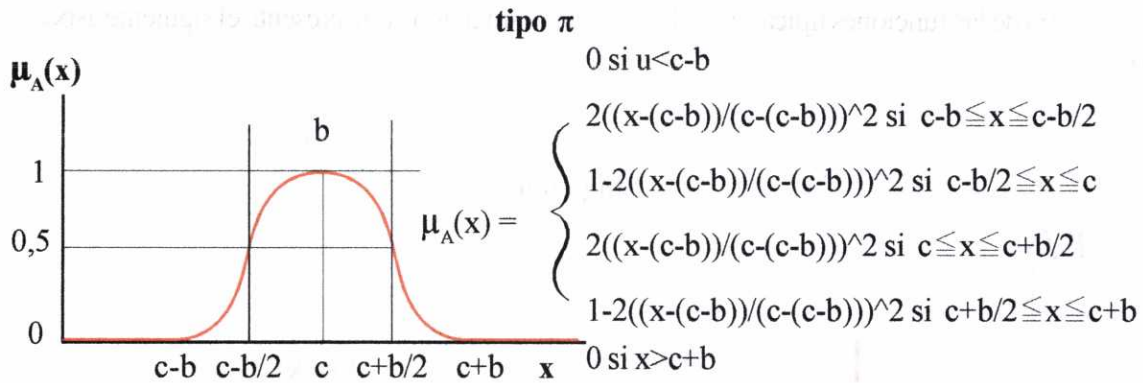
Esta función tiene un carácter más bien de tipo teórico pues representa a un número convencional bajo la definición de un conjunto borroso. Es decir los números reales o naturales serían un caso particular de los números borrosos con funciones de pertenencia del tipo «singleton».

Las función de pertenencia de tipo S que se presentan a continuación resulta apropiada para modelar propiedades del tipo «mucho», «grande», «positivo», etc. Se caracteriza por tener un valor de inclusión distinto de cero para un rango de valores por encima de un cierto punto a, siendo 0 por debajo de a y 1 para valores mayores de c. Su punto de cruce (valor 0,5) es $b=(a+c)/2$; y entre los puntos a y c es del tipo cuadrático suave.

tipo S



Finalmente la función de tipo π tiene forma de campana y resulta adecuada para los conjuntos definidos en torno a un valor c, como «medio», «normal». Pueden definirse también utilizando expresiones analíticas exponenciales o cuadráticas, como la bien conocida campana de Gauss.



Varios conjuntos borrosos pueden representar conceptos lingüísticos como bajo, medio, alto, que a menudo son empleados para definir estados de una variable lingüística. Una variable de este tipo es denominada variable borrosa o variable «fuzzy». En el ejemplo anterior se estableció una posible definición borrosa para el valor «media» de la variable difusa «experiencia». En él se ha utilizado un número difuso trapezoidal de valor (30,45,55,60) como mejor alternativa al número triangular borroso, (30,50,60). Sin embargo qué ocurre en caso de que una empresa constructora que pretendemos evaluar haya construido en 80 ocasiones. Evidentemente esta ya no es una experiencia que pueda calificarse como «media» como nos indica el valor de la función de pertenencia a ese concepto cuando es evaluada sobre el valor 80, $80 \rightarrow \mu_{\text{experiencia «media»}}(80) = 0$. Por lo tanto se deben definir otros conceptos cuyas funciones de pertenencia abarquen toda la gama de posibles valores del universo de discurso considerado, en el caso al que se está haciendo referencia se había considerado el intervalo de números enteros [0,100].

Quizá sea interesante en este momento volver a aclarar la diferencia clara que se debe considerar a la hora de hablar de borrosidad y probabilidad. Las funciones de pertenencia a un conjunto borroso son fijadas arbitrariamente por el observador, indicando el significado que éste asigna a cada uno de las variables lingüísticas que definen los conjuntos. Por contra la probabilidad se determina por la observación de la ocurrencia de los valores de una magnitud.

5.5. Particiones borrosas.

Dada una variable borrosa X definida sobre un universo de discurso $U = [x_1, x_2]$, se llama partición al conjunto de los valores borrosos que se han definido sobre la variable X .

Evidentemente existen muchas particiones de X . Así por ejemplo una partición para la variable borrosa «experiencia» podría ser {baja, media, alta}. Para cada uno de estos valores difusos definidos se han de definir sus correspondientes funciones de pertenencia sobre el universo de discurso. En el caso de que la partición definida sea tal que para todos los valores posibles de x en $U = [x_1, x_2]$, exista al menos un valor difuso que le asigne a x un $\mu(x) \neq 0$, tal partición se denomina completa. Si los números borrosos asociados a la variable difusa están definidos en intervalos con intersección no nula, dichos valores difusos se dice que están solapados.

A continuación se muestra una posible partición solapada para la variable «experiencia». Los elementos fundamentales que intervienen en la completa definición de la variable serían:

concepto

U = universo de discurso

X = variable lingüística o difusa

P(X) = partición de X

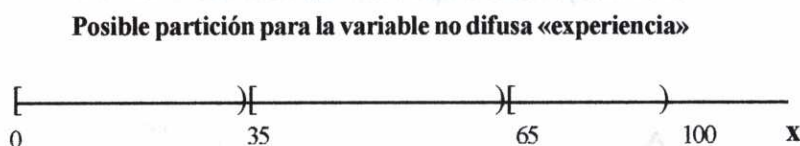
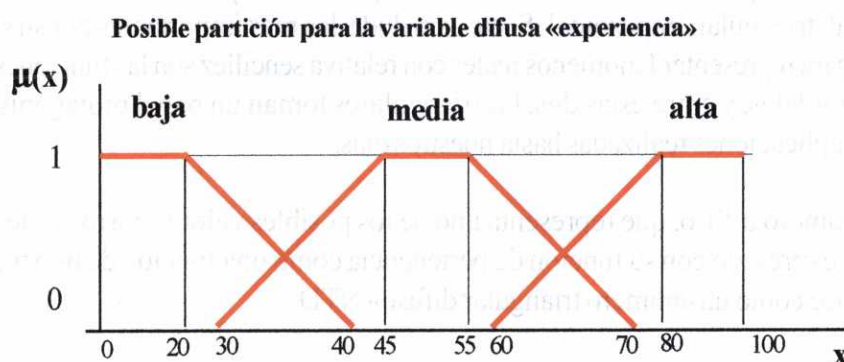
valores

[0,100]

experiencia

baja, media, alta

El importancia de las variables borrosas es su idoneidad para facilitar la gradual transición entre estados y por lo tanto poseen una capacidad natural para expresar y trabajar con observaciones y medidas inciertas. Las variables numéricas tradicionales, a las que podemos denominar variables no difusas (por tomar valores concretos) no poseen esta capacidad.



Aunque su definición matemática es correcta su concepto es menos realista que en de las variables difusas. Un valor que caiga en un borde de un intervalo entre dos estados o es considerado de un lado o del otro sin términos medios, con la consiguiente arbitrariedad de semejante decisión. Aunque matemáticamente sea correcto no es reflejo de muchas situaciones reales. La incertidumbre alcanza su máximo valor precisamente en estos bordes en donde debería considerarse al valor como perteneciente a ambos intervalos en el mismo grado. Cuando se trabaja con variables no difusas esta incertidumbre no se tiene en consideración, un valor es asignado a un lado o a otro en virtud de un concepto o definición matemática estricta. Ya que las variables borrosas son capaces de capturar y medir incertidumbres, son más apropiadas y acordes con la realidad que los valores no difusos.

Aunque ya se ha comentado, llegados a este punto es oportuno volver a reflexionar sobre la aparente paradoja a la que se refería Albert Einstein en 1921 cuando afirmó que: «*Cuanto más se refieran a la realidad las leyes matemáticas, más inciertas serán. Cuanto más precisas sean, menos se referirán a la realidad.*» respecto a que los datos basados en variables borrosas pueden proporcionar incluso mas precisión con respecto a cuestiones reales que las variables no borrosas.

Sin embargo no todo han de ser ventajas. Aunque las matemáticas basadas en conjuntos borrosos poseen una gran capacidad expresiva superior a la de los conjuntos clásicos, su utilidad depende críticamente de la nuestra capacidad para construir apropiadas funciones de pertenencia para el concepto de que se trate y en un contexto determinado. Esta capacidad, ha sido el punto débil de estas teorías en los primeros estudios que se realizaron, pero hoy en día se

dispone de técnicas que sistematizan la construcción de semejantes funciones, como se verá más adelante.

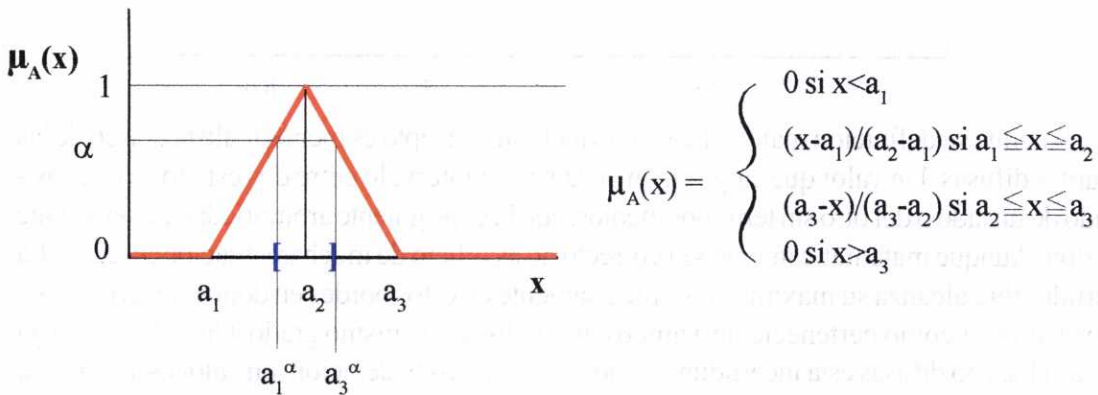
A pesar de todo, el problema de construir funciones de pertenencia con verdadero sentido y significado, capaces de captar la situación de forma lo más realista posible es una tarea difícil, y se ha de investigar de forma intensa para conseguir una completa satisfacción.

5.6. Números fuzzy triangulares y trapezoidales.

De todas las posibles formas de funciones de pertenencia para conjuntos difusos, singleton, exponencial, triangular, trapezoidal, S, etc., sin duda las más importantes por su simplicidad y capacidad para representar fenómenos reales con relativa sencillez son las funciones triangulares y las trapezoidales, y entre estas dos, las triangulares toman un papel protagonista en toda la literatura y aplicaciones realizadas hasta nuestros días.

Un número difuso, que representa uno de los posibles valores borrosos de una variable lingüística, expresado con su función de pertenencia como una función de tipo triangular es lo que se conoce como un «número triangular difuso» NTD.

Función de pertenencia tipo triangular del número difuso A



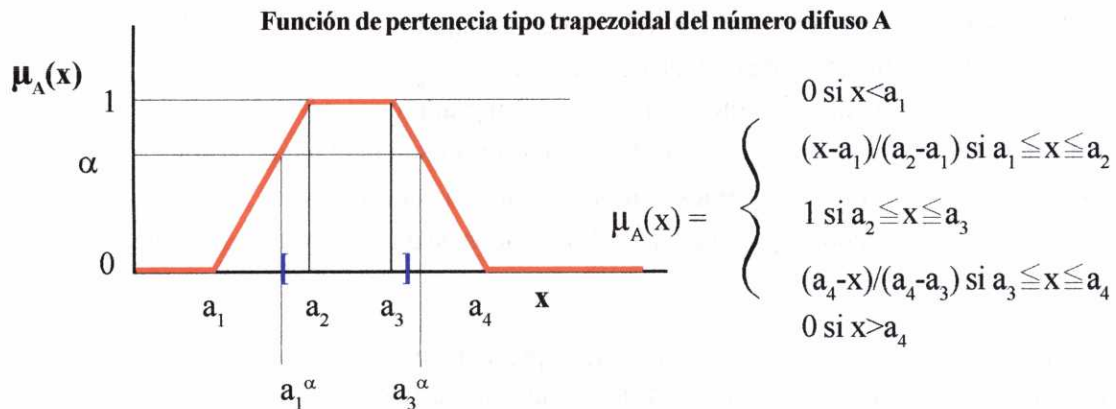
Este tipo de números difusos es usado de forma intensiva en el modelado de sistemas, como el que se pretende realizar en esta tesis. Un NTD puede ser definido como una tripleta del tipo (a_1, a_2, a_3) que define los extremos del triángulo y que son conectados tal como se indica en la figura mediante rectas.

Se define intervalo de confianza para un NTD a nivel α un intervalo cerrado definido como

$$A_\alpha = [a_1^\alpha, a_3^\alpha] = [(a_2 - a_1)\alpha + a_1, -(a_3 - a_2)\alpha + a_3]$$

$\forall \alpha \in [0, 1]$.

Un número difuso, que representa uno de los posibles valores borrosos de una variable lingüística, expresado con su función de pertenencia como una función de tipo trapezoidal lo que se conoce como un «número trapezoidal difuso» NTrD.



Un NTrD puede ser definido como (a_1, a_2, a_3, a_4) .

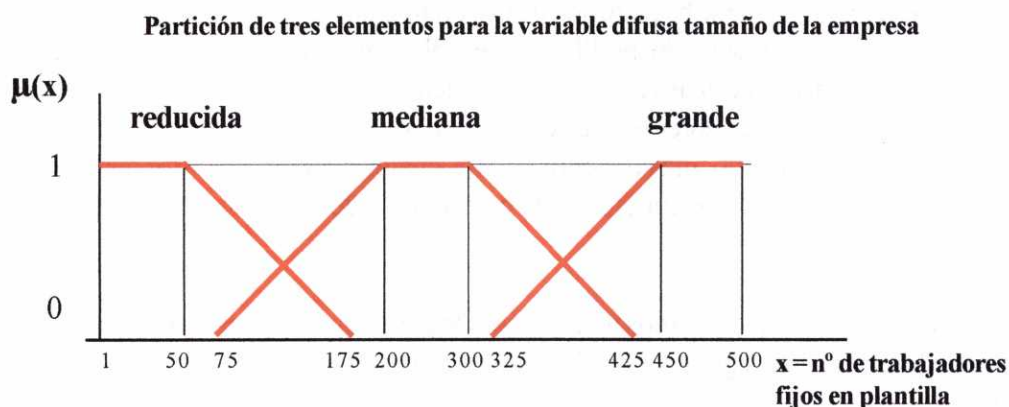
Se define intervalo de confianza para un NTrD a nivel α a un intervalo cerrado definido como

$$A_\alpha = [a_1^\alpha, a_3^\alpha] = [(a_2 - a_1)\alpha + a_1, -(a_4 - a_3)\alpha + a_4] \quad \forall \alpha \in [0, 1].$$

5.7. Modificadores lingüísticos.

Anteriormente se mencionaron los adverbios de cantidad y modo como modificadores de los valores que toma una variable difusa. A continuación se indicará la forma de trasladar (Lakoff, 1973), (Aranda et al., 1999) esa modificación lingüística a la función de pertenencia del conjunto difuso que trata de representar el valor que toma esa variable expresada en el lenguaje natural.

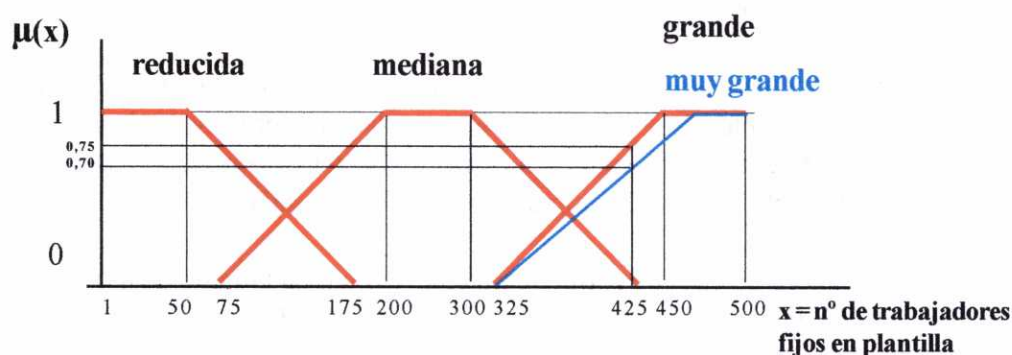
Consideremos ahora un caso en el que se trata de evaluar en tamaño de una empresa constructora en función de su personal fijo en plantilla. El universo de discurso U para España podríamos considerarlo como el intervalo $[2, 500]$. Se podría establecer una partición borrosa completa bastante sencilla que incluyera los valores «reducida», «mediana», «grande». Resulta obvio que esta partición resulta escasa para representar este concepto de forma lo mas realista posible, pero a efectos de ilustrar el concepto que pretendemos es suficiente. En un caso real habría que definir una partición mayor de al menos cinco valores difusos para la variable borrosa «tamaño de la empresa».



A la vista de esta partición una empresa de 450 trabajadores fijos en plantilla sería considerada «grande» con un grado de certeza de 1, es decir, $\mu_{\text{grande}}(450) = 1$. Una empresa de 425 trabajadores sería considerada como «grande con un grado de verdad de $\cong 0,75$, es decir, $\mu_{\text{grande}}(425) = 0,75$, sin embargo la misma empresa sería considerada mediana con un grado de pertenencia de $\mu_{\text{mediana}}(425) = 0$, pues evidentemente una empresa de 425 trabajadores en plantilla fijos en más «grande» que «mediana». Esta evidencia queda muy bien reflejada numéricamente por el hecho anterior.

La cuestión surge ahora cuando se trata de representar el concepto «grande» modificado por un adverbio de modo del tipo «muy», de tal manera que se pueda reflejar de forma numérica el concepto del lenguaje coloquial «muy grande».

Partiendo de la base anterior una empresa de 425 trabajadores ya no puede ser considerada como «muy grande» con lo cual la gráfica debería desplazarse hacia la derecha para asignar a $\mu_{\text{grande}}(450)$ un valor algo inferior a 1 debido a la exigencia del concepto «muy grande» que se trata ahora de representar.



Ese desplazamiento a su vez hace que la pendiente del tramo inclinado del concepto «grande» disminuya de tal forma que ahora a un valor en el número de trabajadores fijos de 425 ya no le asigna $\mu_{\text{muy grande}}(425) = 0,75$ sino un valor inferior, $\mu_{\text{muy grande}}(425) = 0,70$. Y ahora la empresa de 450 trabajadores es evaluada como «grande» con un grado de verdad de por ejemplo $\mu_{\text{grande}}(450) = 0,80$.

Esta visión cualitativa que se ha realizado de los modificadores lingüísticos puede plasmarse de forma matemática introduciendo modificaciones sobre las funciones de pertenencia de los conceptos a modificar mediante el uso de funciones matemáticas sencillas que reflejen el hecho antes comentado. Estos modificadores lingüísticos pueden ser «exigentes» (muy, bastante, hyper) o «relajadores» (poco, casi, algo, más o menos) y a los cuales pueden asociarse las funciones matemáticas que actúan sobre las funciones de pertenencia de los conceptos asociados sin modificar.

Así por ejemplo, si consideramos una función de pertenencia genérica $\mu_A(x)$ de un concepto A se pueden definir los siguientes modificadores lingüísticos «exigentes» y sus funciones como sigue:

concepto
A
 función de pertenencia
 $\mu_A(x)$
 modificador
muy

nombre del modificador
concentración
 concepto modificado
muy A
 fun. de petenencia modificada
 $(\mu_A(x))^2$

concepto
A
 función de pertenencia
 $\mu_A(x)$
 modificador
hiper

nombre del modificador
hiper-concentración
 concepto modificado
hiper A
 fun. de petenencia modificada
 $(\mu_A(x))^3$

concepto
A
 función de pertenencia
 $\mu_A(x)$
 modificador
bastante

nombre del modificador
intensificación de concentración
 concepto modificado
hiper A
 fun. de petenencia modificada
 $2((\mu_A(x))^4 \text{ para } 0 \leq \mu_A(x) \leq 0,5$
 $1-2(1-(\mu_A(x)^2))^2 \text{ para } \mu_A(x) > 0,5$

También se pueden definir los siguientes modificadores lingüísticos «relajantes» y sus funciones como sigue

concepto
A
 función de pertenencia
 $\mu_A(x)$
 modificador
más o menos

nombre del modificador
dilatacion
 concepto modificado
más o menos A
 fun. de petenencia modificada
 $2\mu_A(x) - (\mu_A(x))^2$ o también $\sqrt{\mu_A(x)}$

concepto
A
 función de pertenencia
 $\mu_A(x)$
 modificador
aproximadamente

nombre del modificador
doble dilatación
 concepto modificado
aproximadamente A
 fun. de petenencia modificada
 $4\mu_A(x) - 6(\mu_A(x))^2 + 4(\mu_A(x))^3 - (\mu_A(x))^4$

Finalmente se puede definir el concepto de negación de la forma siguiente

<i>concepto</i>	<i>nombre del modificador</i>
A	negación
<i>función de pertenencia</i>	<i>concepto modificado</i>
$\mu_A(x)$	no A
<i>modificador</i>	<i>fun. de pertenencia modificada</i>
no	$1-\mu_A(x)$

Estos valores y modificadores han sido propuestos por autores como V. Novak (Novak, 1990) y resultan apropiados para funciones de pertenencia de tipo S, π o similares. Sin embargo para funciones triangulares tienen la desventaja de una vez aplicados hacen perder la geometría de la función, es decir le hacen perder tal su condición de NTD. Este hecho dificulta las tareas masivas de cálculo necesarias en los procesos que se definirán más adelante. Por lo cual se proponen a continuación unos modificadores de tipo lineal sin pérdida de geometría para NTD, por ser estos últimos los utilizados de forma masiva en el objeto de esta tesis. También podrán ser aplicados a NTrD.

5.8. Propuesta de modificadores lingüísticos para NTD y NTrD.

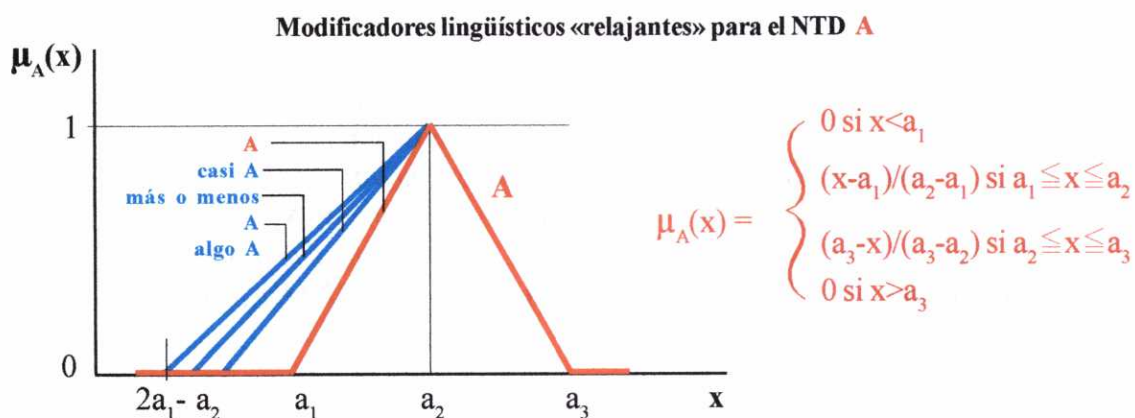
Con objeto de utilizarlas en posibles ampliaciones del controlador borroso que se ha diseñado, se definen a continuación unas propuestas para modificadores lingüísticos, tres «restrictivos» y tres «relajantes». Se parte de dos premisas:

1) La operación de modificación no ha de hacer perder la normalidad del NTD, es decir después de aplicado el modificador se seguirá cumpliendo que:

$$\exists x \in \mathbb{R} / \mu(x) = 1$$

2) Los tramos rectos se han de conservar rectos, con objeto de facilitar su implementación en el cálculo.

restrictivos:	bastante	muy	-ísimo
relajantes:	casi	más o menos	algo



En la figura sólo se han representado los modificadores del lado izquierdo, evidentemente se definen los valores simétricos para el lado derecho. Se ha propuesto como distancia del límite izquierdo más relajante al límite izquierdo sin modificar, el valor de la mitad de la base del triángulo original, pues caso de que un valor de x situado a una distancia del valor central original mayor que $2(a_2 - a_1)$ entraría en consideración con un $\mu_A(x) \neq 0$ y a nuestro juicio un valor tan alejado del valor central debería entrar únicamente en consideración para el anterior valor lingüístico en la partición. Como distancia del límite izquierdo menos relajante al límite izquierdo sin modificar, se propone el valor de la cuarta parte de la base del triángulo original.

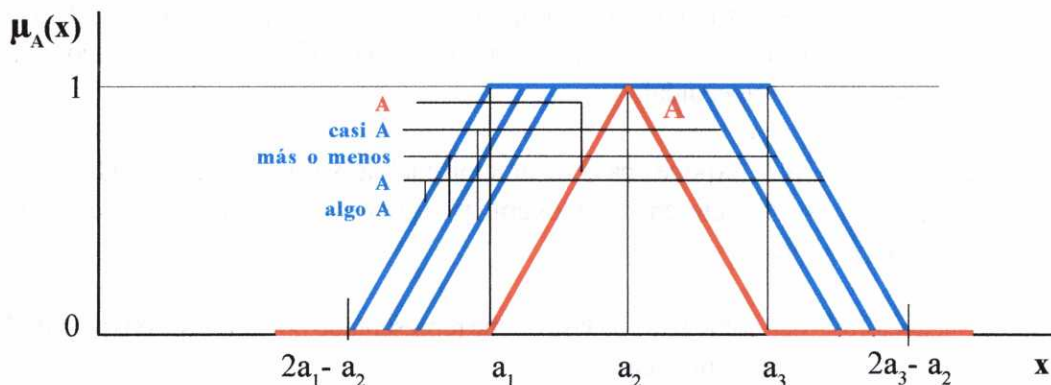
A continuación se indican las funciones de pertenencia para cada uno de los modificadores relajantes.

$$\mu_{\text{relativamente } A}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < (3a_1 - a_2)/2 \\ (x - ((3a_1 - a_2)/2)) / (a_2 - (3a_1 - a_2)/2) & \text{si } (3a_1 - a_2)/2 \leq x \leq a_2 \\ ((3a_3 - a_2)/2 - x) / ((3a_3 - a_2)/2 - a_2) & \text{si } a_2 \leq x \leq 3a_3 - a_2/2 \\ 0 & \text{si } x > 3a_3 - a_2/2 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{más o menos } A}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < (5a_1 - a_2)/4 \\ (x - (5a_1 - a_2)/4) / (a_2 - (5a_1 - a_2)/4) & \text{si } (5a_1 - a_2)/4 \leq x \leq a_2 \\ ((5a_3 - a_2)/4 - x) / ((5a_3 - a_2)/4 - a_2) & \text{si } a_2 \leq x \leq 5a_3 - a_2/4 \\ 0 & \text{si } x > 5a_3 - a_2/4 \end{cases}$$

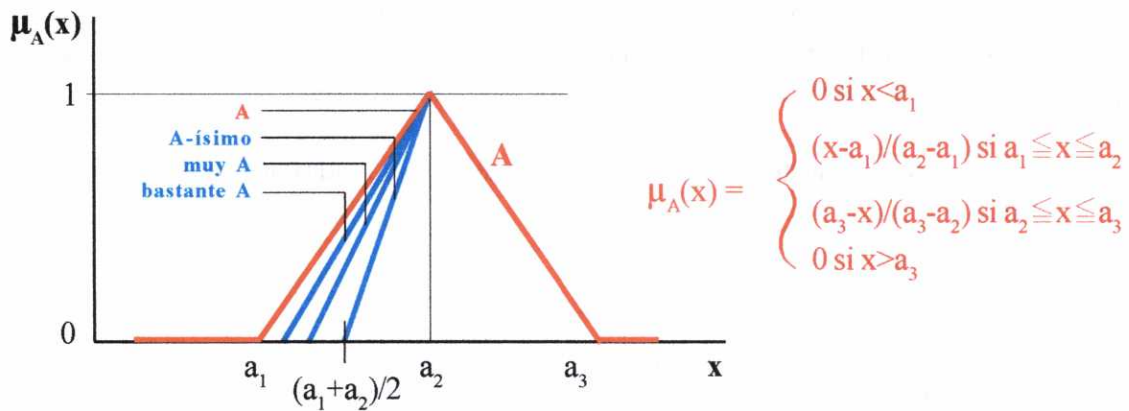
$$\mu_{\text{algo } A}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < 2a_1 - a_2 \\ (x - (2a_1 - a_2)) / (a_2 - (2a_1 - a_2)) & \text{si } 2a_1 - a_2 \leq x \leq a_2 \\ ((2a_3 - a_2) - x) / ((2a_3 - a_2) - a_2) & \text{si } a_2 \leq x \leq 2a_3 - a_2 \\ 0 & \text{si } x > 2a_3 - a_2 \end{cases}$$

Se proponen también para los modificadores lingüísticos, las siguientes funciones de pertenencia utilizando NTrD, de la forma que se indica. La elección de unas u otras se verá en función del sistema que se pretenda simular, según unas funciones u otras reflejen de forma más fiable la realidad a representar. Esta elección quedará a criterio de la persona que defina el sistema real.



Los modificadores restrictivos que se proponen se representan a continuación:

Modificadores lingüísticos «restrictivos» para el NTD **A**



$$\mu_{\text{bastante } A}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < (7a_1+a_2)/8 \\ (x-(7a_1+a_2)/8)/(a_2-a_1) & \text{si } (7a_1+a_2)/8 \leq x \leq a_2 \\ (a_3-x)/(a_3-a_2) & \text{si } a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & \text{si } x > a_3 \end{cases}$$

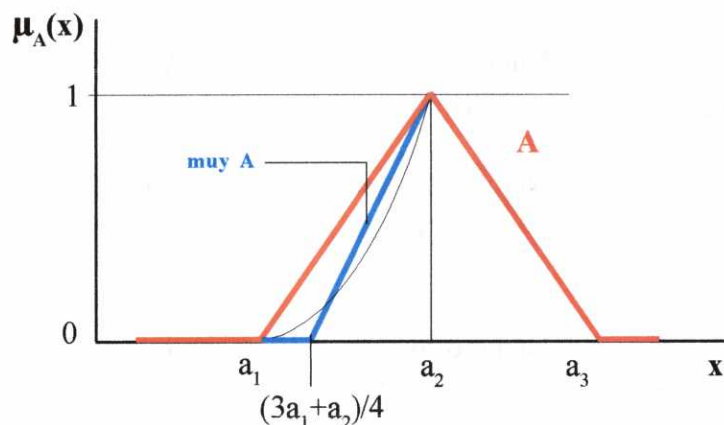
$$\mu_{\text{muy } A}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < (3a_1+a_2)/4 \\ (x-(3a_1+a_2)/4)/(a_2-(3a_1+a_2)/4) & \text{si } (3a_1+a_2)/4 \leq x \leq a_2 \\ ((a_2+3a_3)/4-x)/((a_2+3a_3)/4-a_2) & \text{si } a_2 \leq x \leq (a_2+3a_3)/4 \\ 0 & \text{si } x > (a_2+3a_3)/4 \end{cases}$$

$$\mu_{A\text{-isimo}}(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < (a_1+a_2)/2 \\ (x-(a_1+a_2)/2)/(a_2-(a_1+a_2)/2) & \text{si } (a_1+a_2)/2 \leq x \leq a_2 \\ ((a_3+a_2)/2-x)/((a_3+a_2)/2-a_2) & \text{si } a_2 \leq x \leq (a_3+a_2)/2 \\ 0 & \text{si } x > (a_3+a_2)/2 \end{cases}$$

Para los modificadores restrictivos no se proponen soluciones trapezoidales debido a la condición impuesta en primer lugar de conservar la normalización del NTD, lo cual es incompatible con una solución de tipo trapezoidal.

Como comentario final se expone una comparación cualitativa entorno a los modificadores clásicos a los que se ha hecho referencia y a los aquí propuestos. Se a elegido como ejemplo el modificador restrictivo «muy».

En su concepción clásica como ya se ha visto viene representado por la expresión $(\mu_A(x))^2$ cuya representación se indica a continuación:



Como se puede observar el modificador $(\mu_A(x))^2$ conocido como «concentración», deja los valores próximos al extremo a_1 sin modificar, de tal manera que para valores cercanos a a_1 es muy similar ser «A» o ser «muy A», lo cual no representa bien la realidad. Al contrario el modificador propuesto anula valores próximos al extremo a_1 asignándoles un valor de $\mu_A(x)=0$, como parece más lógico. Si embargo en la zona próxima a a_1 , entorno del punto a_2 las modificaciones no son tan drásticas, en parte impuestas por la condición de normalización.

5.9. Operaciones básicas con conjuntos borrosos.

A los conjuntos borrosos se les puede aplicar determinados operadores o bien se pueden realizar operaciones entre ellos. Al aplicar un operador sobre un conjunto borroso se obtiene otro conjunto borroso, y al combinar en una operación dos o más conjuntos borrosos se obtendrá otro conjunto borroso.

A continuación se van a definir tres operaciones básicas sobre conjuntos borrosos que no son más que una generalización de otras tantas operaciones de la teoría de conjuntos clásica. Estas operaciones son el complemento, la unión y la intersección. Estas operaciones serán necesarias más adelante para la realización del controlador que se pretende diseñar. Existen muchas posibles fórmulas Dombi (1982), Frank (1979), Schweizer-Sklar (1960), Yager (1979), Dubois-Prade (1985), Weber (1983) y Yu (1985) para estos tres operadores, las cuales son conocidas para los casos de intersección y unión como *t-norms* y *t-conorms*, y que además cumplen las Leyes de Morgan.

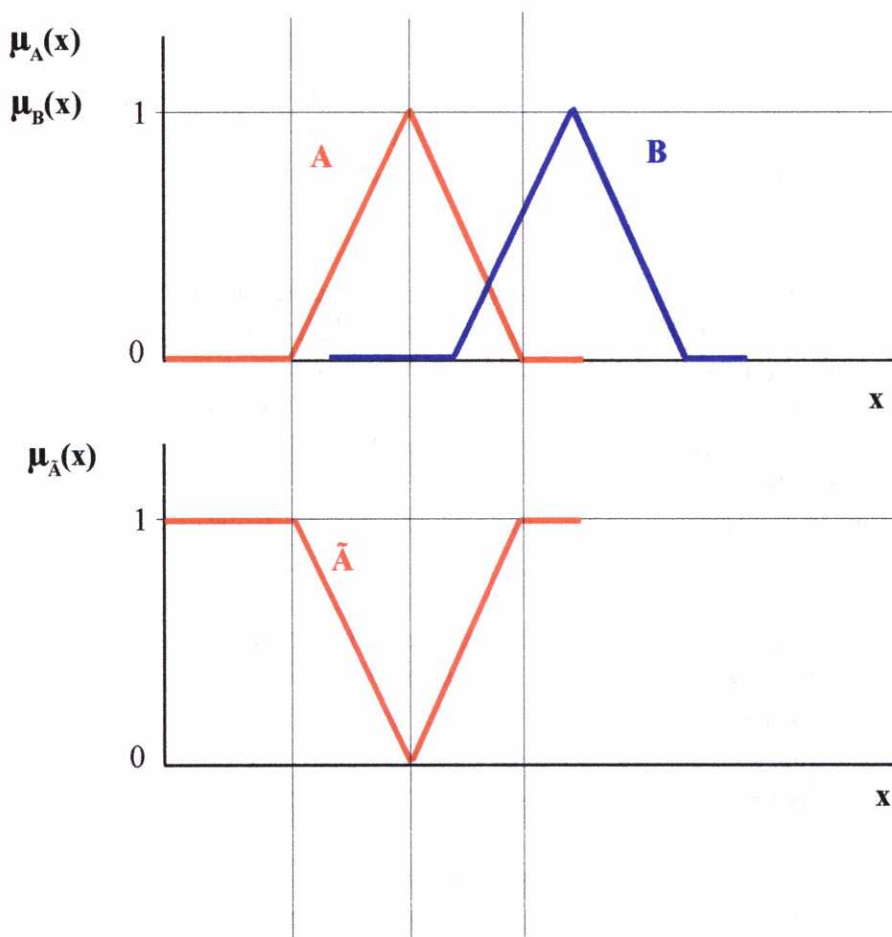
Se definirán dichas operaciones con las expresiones universalmente aceptadas y denominadas respectivamente, *standar complement*, *standar union*, *standar intersection* (Klir / Yuan, 1995), y que fueron las primeras que sugirió Zadeh en sus escritos iniciales entorno a estos conjuntos, y que están basadas en los criterios del complemento a 1, el máximo y el mínimo, y que también son las más restrictivas.

Si se suponen dos conjuntos borrosos A y B asociados a dos etiquetas de una variable lingüística X sobre un universo de discurso U, con funciones de pertenencia $\mu_A(x)$, $\mu_B(x)$ respectivamente, tanto las definiciones de complemento, unión e intersección se definen actuando sobre las funciones de pertenencia de dichos números borrosos de la siguiente manera:

Función de pertenencia	Número borroso A $\mu_A(x)$	Complemento de $A=\tilde{A}$ $1-\mu_A(x)$
Funciones de pertenencia	Número borrosos A,B $\mu_A(x), \mu_B(x)$	Unión de A, $B=A \cup B$ $\mu_{A \cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)]$
Funciones de pertenencia	Número borrosos A,B $\mu_A(x), \mu_B(x)$	Intersección de A, $B=A \cap B$ $\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)]$

Es importante resaltar que el funcionamiento de estas operaciones básicas coincide con el de las correspondientes a las de la teoría clásica de conjuntos; de hecho, la teoría de conjuntos borrosos se reduce a la teoría clásica si se reducen los valores que puede tomar la función de pertenencia a los valores 0 (pertenece) y 1 (no pertenece).

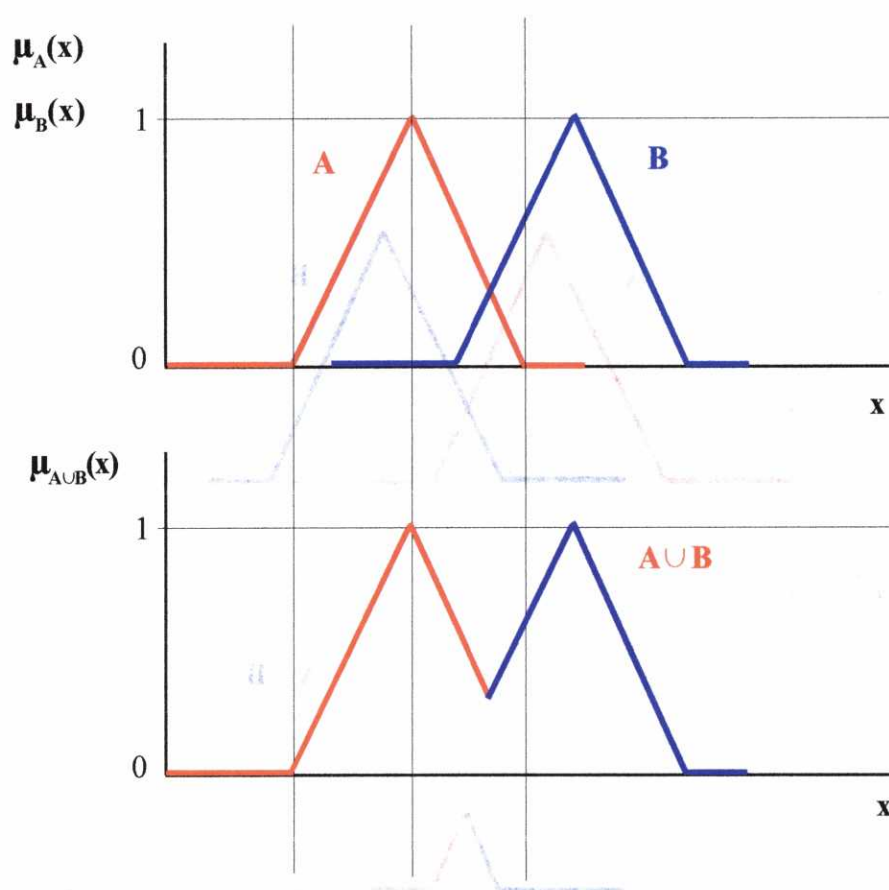
De forma gráfica estas dos operaciones pueden ser representadas como se indica a continuación.



Esta definición tiene sentido real, pues como se puede observar en el gráfico si un valor x del universo de discurso U , tiene a su vez un valor en su función de pertenencia al conjunto

borroso A de $\mu_A(x)$, su complemento, que es la negación de ese concepto tendrá un valor de $1 - \mu_A(x)$. Volviendo a uno de los ejemplos que se expuso anteriormente si una empresa constructora puede ser definida como «grande» con un grado de verdad de 0,8, entonces podrá ser definida como «no grande» con un grado de verdad de 0,2. Como es lógico cuanto «más verdad» sea una afirmación menos lo será su opuesta. Claro está, sin llegar a la negación total que ocurriría en el caso de tratar con los conjuntos clásicos.

En el caso de la unión se obtiene

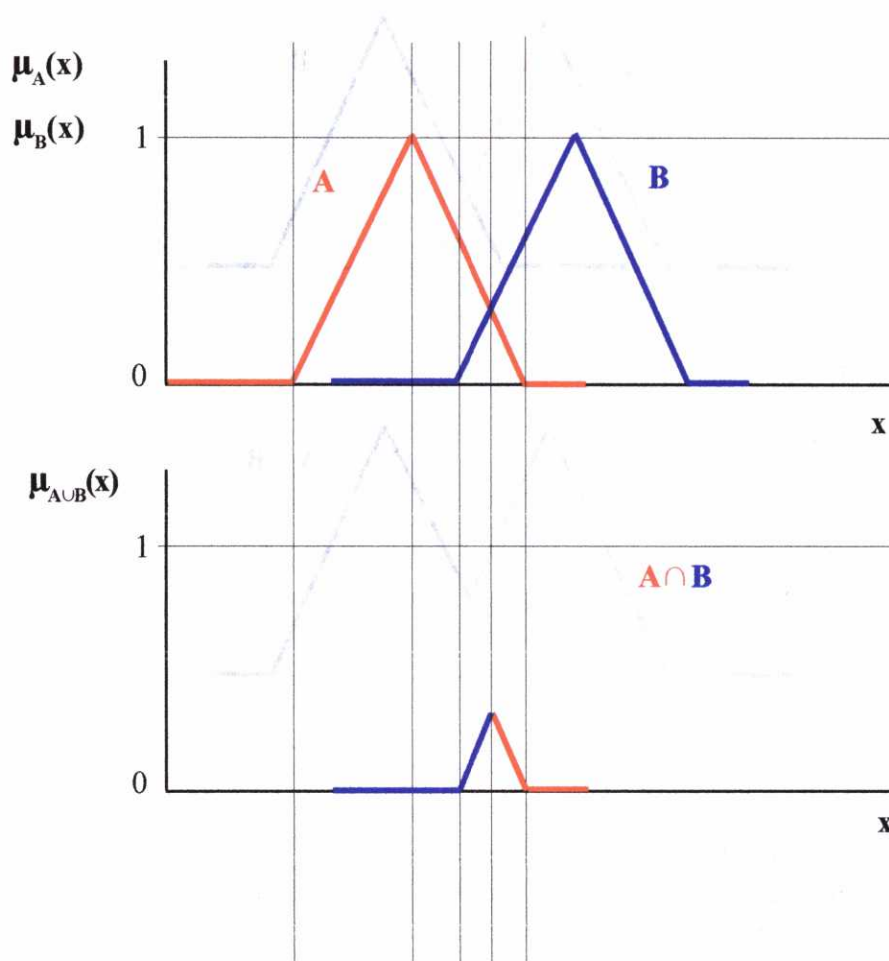


En este caso también la expresión matemática adoptada funciona bien con los conceptos que trata de reflejar. La disyunción esta asociada al concepto de «o». Entonces como en el caso anterior si se puede calificar a una constructora con x trabajadores como grande con un grado de verdad de $\mu_{\text{GRANDE}}(x)=0,4$ y además como mediana con un grado de verdad de $\mu_{\text{MEDIANA}}(x)=0,2$, entonces el grado de verdad que tendría la afirmación «la empresa es grande ó mediana» tendrá un grado de verdad que será el máximo de los dos valores anteriores, como parece lógico.

Finalmente con la intersección se procede de forma similar. La conjunción esta asociada al concepto de «y». Como en el caso anterior se puede calificar a una constructora con x trabajadores como grande con un grado de verdad de $\mu_{\text{GRANDE}}(x)=0,4$ y además como mediana con un grado de verdad de $\mu_{\text{MEDIANA}}(x)=0,2$. En este caso en vez de razonar el ejemplo como en el

anterior caso, lo cual tendría un sentido poco real, pues sería algo así como el grado de verdad de la afirmación «la empresa es grande y mediana», se tomará la conjunción de las negaciones respectivas, de tal manera que resultaría una afirmación del tipo «la empresa no es grande y no es pequeña», o lo que es lo mismo, «la empresa no es grande ni pequeña». Esta afirmación tendría un grado de verdad de $\min[1-\mu_{\text{GRANDE}}(x), 1-\mu_{\text{MEDIANA}}(x)]$. O lo que es lo mismo $\min[0,6, 0,8]=0,6$. Esto viene a indicar que si una empresa es «no grande» con un grado de verdad de 0,6, y es «no pequeña» con un grado de verdad de 0,8, entonces «no es grande ni pequeña» con un grado de verdad de 0,6.

Gráficamente resultaría para el caso normal



Debido a la asociatividad de los operadores max, min, estas definiciones pueden ser extendidas a un número finito de conjuntos borrosos.

6. EL PRINCIPIO DE EXTENSIÓN.

A continuación se introduce un concepto necesario para el desarrollo posterior del sistema de inferencia o controlador que se pretende realizar. Este concepto que corresponde al principio de extensión permite convertir conceptos no borrosos en borrosos, siendo además la base de la inferencia de en los sistemas borrosos (Klir y Yuan, 1995).

Dados dos universos de discurso U y V y una función f de U en V que asigna valores $y = f(x) / x \in U \text{ y } y \in V$, se puede generalizar esta función f a una función F que actúa sobre conjuntos borrosos pertenecientes al dominio borroso de U tales como $(A, \mu_A(x))$, de tal manera que a $(A, \mu_A(x))$ F le asigna un conjunto borroso $(B, \mu_B(y))$ en V de la siguiente manera:

$$F: \text{dominio borroso de } U \rightarrow \text{dominio borroso de } V$$

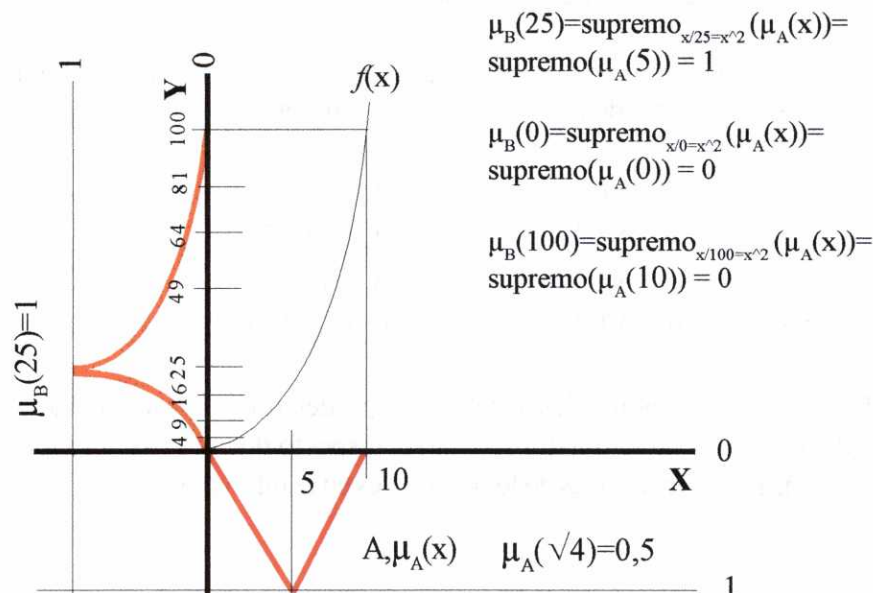
$$(A, \mu_A(x)) \rightarrow (B, \mu_B(y))$$

en donde $\mu_B(y) = \sup_{x/y=f(x)} (\mu_A(x))$.

Las funciones en realidad se considerarán posteriormente como relaciones entre conjuntos borrosos. Este principio de extensión tal y como se ha definido permitirá pasar relaciones entre conjuntos convencionales a relaciones entre conjuntos borrosos, las cuales están íntimamente relacionadas con la inferencia borrosa, a su vez muy ligada al sistema de inferencia o controlador borroso que se pretende diseñar.

Para clarificar dicho concepto se muestra un ejemplo numérico.

$U=[0,10]$ y $V=[0,100]$ ambos en la recta real. Sea $f: U \rightarrow V$ de la forma $y = x^2$. Además consideremos A un N.T.D. de tipo que se indica en la figura. Se trata de encontrar $F(A)=B$ a través del principio de extensión, que será un número difuso, y que ya no será, en general, un N.T.D.



7. RELACIONES BORROSAS.

A continuación se tratará el tema de las relaciones entre conjuntos borrosos, pues juegan un papel fundamental en el desarrollo del sistema de inferencia borrosa que se pretende diseñar. Las relaciones, y en particular las relaciones borrosas, son muy importantes porque describen de forma numérica las interacciones entre variables.

Dados dos universos de discurso U y V , una relación borrosa se define como un conjunto borroso W en el espacio $U \times V$, y cuya función de inclusión se denota por $\mu_w(x,y)$ con $x \in U$ e $y \in V$. El valor de $\mu_w(x,y)$ representa el grado de relación entre x e y .

Como se puede observar en el caso de una relación borrosa existen grados de relación, al contrario de lo que ocurre con las relaciones sobre conjuntos clásicos, en los que unos elementos están relacionados (1) o no están relacionados (0). Ahora el grado de relación tiene niveles intermedios. Supongamos que se trata de determinar una relación de dependencia directa entre las actividades de un proyecto de construcción de una nave industrial. En este caso los conjuntos U y V coinciden, y los elementos serían las distintas actividades a realizar. Supongamos un pequeño número de actividades denominadas $A1, A2, A3, A4$, que representan a:

- $A1$ = hormigonado de zapatas
- $A2$ = montaje de pórticos
- $A3$ = cubierta
- $A4$ = cerramientos

La relación a considerar R será el grado de interdependencia, entendiendo por tal que dos actividades B, A son interdependientes con grado máximo (1) si para ejecutar B necesariamente ha de ejecutarse A . Serán interdependientes con grado mínimo (0) si B puede ejecutarse sin tener en cuenta lo que pase con A , es decir, que A y B son independientes. En medio habrá una gama de valores que representarán distintas formas de planificar, pues en muchos casos hay actividades que no presentan de forma clara una relación de dependencia o independencia y será la forma de trabajar del planificador el que la defina.

En este sencillo ejemplo con $U = \{A1, A2, A3, A4\}$, $V = \{A1, A2, A3, A4\}$ y $R(B,A) = \{\text{grado de dependencia de } B \text{ respecto de } A\}$. Los valores que tomaría R serían por ejemplo:

$\mu_w(A1,A1)=1$	$\mu_w(A1,A2)=0$	$\mu_w(A1,A3)=0$	$\mu_w(A1,A4)=0$
$\mu_w(A2,A1)=1$	$\mu_w(A2,A2)=1$	$\mu_w(A2,A3)=0$	$\mu_w(A2,A4)=0$
$\mu_w(A3,A1)=1$	$\mu_w(A3,A2)=1$	$\mu_w(A3,A3)=1$	$\mu_w(A3,A4)=0,2$
$\mu_w(A4,A1)=1$	$\mu_w(A4,A2)=1$	$\mu_w(A4,A3)=0,2$	$\mu_w(A4,A4)=1$

Lo difuso de esta relación refleja el hecho de que determinadas actividades presientan un margen de maniobra, a la hora de ejecutarse, respecto de las otras actividades, y queda reflejado de forma numérica a través de los decimales en el intervalo (0,1).

8. COMPOSICIÓN BORROSA.

El siguiente paso en el camino hacia la inferencia borrosa es definir la composición entre relaciones borrosas.

En general se puede definir la composición para dos relaciones borrosas R y S en $U \times V$, $V \times W$, respectivamente, como otra relación borrosa con la siguiente función de inclusión $\mu_{R \circ S}(x,z) = \sup_{y \in V} [\mu_R(x,y) * \mu_S(y,z)]$ en donde $*$ representa cualquier t -norm.

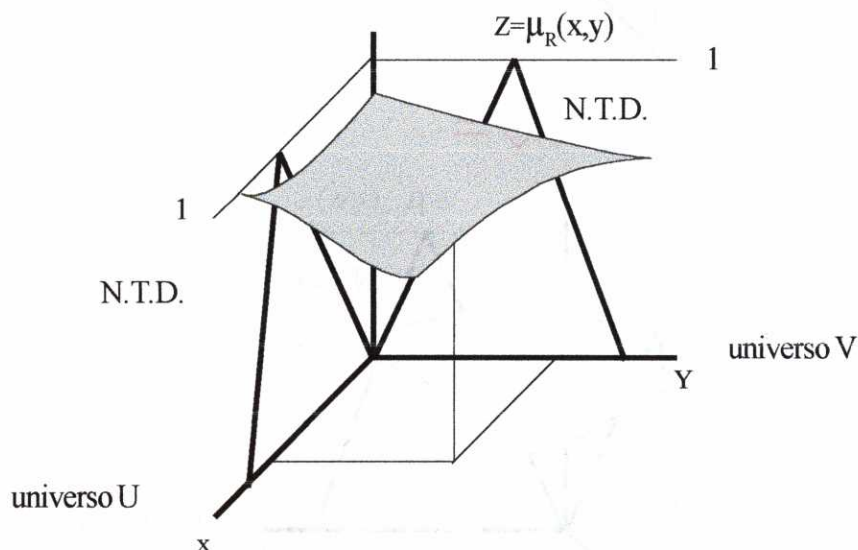
Dependiendo de la elección particular del operador $*$ se pueden tener distintos casos particulares de relaciones borrosas, siendo las más habituales el «mínimo» y el «producto».

En nuestro estudio se optará por la t -norm «mínimo», de tal manera que la expresión de arriba quedaría como $\mu_{R \circ S}(x,z) = \sup_{y \in V} [\min(\mu_R(x,y), \mu_S(y,z))]$.

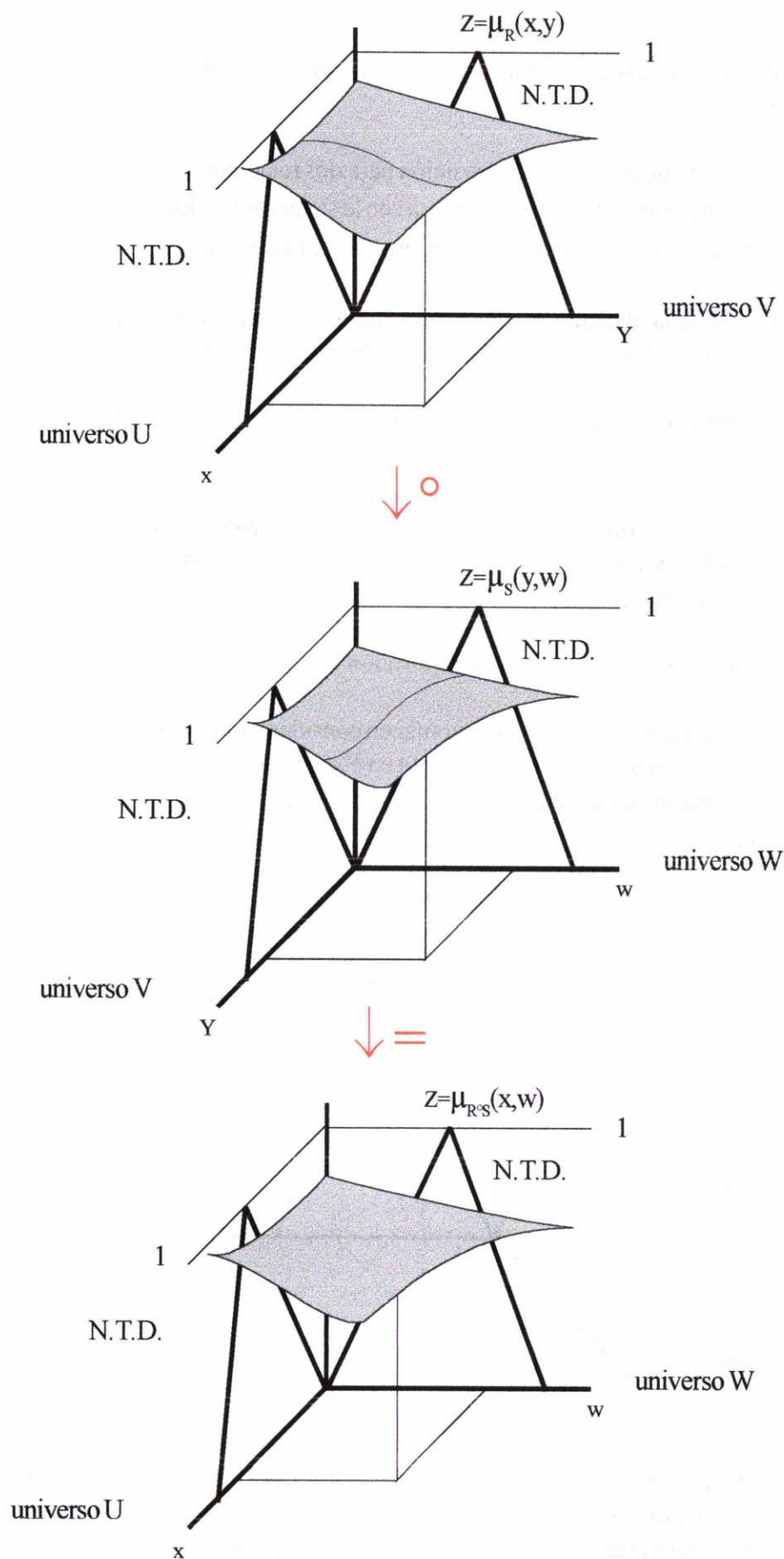
Esta es la composición conocida como *composición Sup-Star* (Wang, 1993) para dos relaciones borrosas R y S . En resumen, la composición Sup-Star de dos relaciones borrosas R y S es un conjunto borroso en $U \times W$.

8.1. Interpretación gráfica de la composición borrosa.

Llegados a este punto será interesante tomar en consideración una interpretación gráfica de la función de pertenencia de una relación borrosa en el espacio tridimensional, ésta puede ser considerada como una superficie en donde la cota « z » para cada par de puntos en el plano XY sería precisamente $\mu_R(x,y)$.



Esta superficie estaría limitada por el plano $Z=1$ que sería el máximo valor que puede tener la relación para dos valores x e y de U y V . La composición borrosa de dos relaciones tendría también una representación espacial como se indica a continuación.



Como puede observarse en las figuras la composición de dos relaciones difusas puede asociarse también a una superficie. Las «cotas» de dicha superficie se obtienen de la siguiente manera para cada par (x,y) :

- 1) para la relación R se determina la curva intersección del plano $X=x$ con la superficie de la relación $Z=\mu_R(x,y)$. Esta será una curva plana del tipo $z=j(x,y)$ con x constante.
- 2) para la relación S se determina la curva intersección del plano $X=x$ con la superficie de la relación $Z=\mu_S(y,w)$. Esta será una curva plana del tipo $z=k(y,w)$ con y constante.
- 3) para cada valor de y se obtiene el mínimo de los valores de j y k .
- 4) de esa familia de valores se toma el máximo que se asignará a $Z=\mu_{R \circ S}(x,w)$. Obteniéndose otra superficie.

8.2. Interpretación matricial de la composición borrosa.

Además de la interpretación geométrica de la composición es interesante, a efectos de cálculo, el considerar la composición borrosa como un caso especial de la multiplicación de matrices, lo que facilitará su desarrollo posterior para la aplicación informática que se ha realizado, pues existen herramientas de programación que implementan este tipo de operaciones sin necesidad de reprogramarlas de forma manual.

Si consideramos una relación borrosa como un conjunto ordenado de pares, podemos definir esa relación borrosa como una matriz en el que las filas y columnas están formadas por los elementos de los universos U y V. Además, los elementos propiamente dichos de la matriz son los grados de relación entre filas y columnas.

En el ejemplo que se expuso anteriormente la matriz que representaría la relación sería:

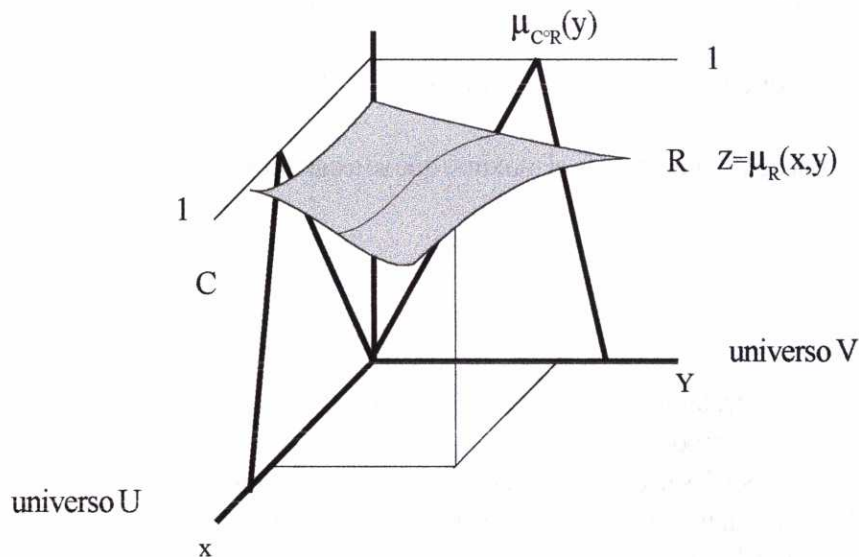
$$\begin{array}{c}
 \begin{matrix} & A1 & A2 & A3 & A4 \end{matrix} \\
 \begin{matrix} A1 \\ A2 \\ A3 \\ A4 \end{matrix} \left(\begin{array}{cccc} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0,2 \\ 1 & 1 & 0,2 & 1 \end{array} \right)
 \end{array}$$

Se puede comprobar fácilmente que la composición borrosa de dos relaciones R y S, no es más que el producto de las matrices asociadas a R y S tal como se ha indicado arriba, pero en donde el producto se sustituye por el mínimo y la suma por el máximo. Este resultado es de gran importancia en lo que se refiere a los cálculos a realizar en los procesos de inferencia borrosa.

Se puede definir también una composición entre un conjunto borroso C y una relación R de la forma siguiente:

$$\mu_{C \circ R}(y) = \sup_{x \in X} [\min(\mu_C(x), \mu_R(x, y))] \text{ para todo } y \in Y$$

La composición de un conjunto borroso C con una relación borrosa R es fundamental en el proceso del razonamiento aproximado que se verá más adelante y puede ser representada de la siguiente forma:



Para clarificar este concepto se pondrá un ejemplo. Sea C un conjunto borroso en el universo de discurso $U = \{1, 2, 3\}$ y su función de pertenencia definida con los valores discretos $\mu_C(1) = 0,2$, $\mu_C(2) = 1$, $\mu_C(3) = 0,2$. Sea R una relación binaria (por simplicidad) dada en forma matricial sobre el mismo universo y conjunto.

$$R = \begin{pmatrix} & 1 & 2 & 3 \\ 1 & 1 & 0,8 & 0,3 \\ 2 & 0,8 & 1 & 0,8 \\ 3 & 0,3 & 0,8 & 1 \end{pmatrix} \quad C = (0,2, 1, 0,2) \Rightarrow$$

$$C \circ R = (0,2, 1, 0,2) * \begin{pmatrix} 1 & 0,8 & 0,3 \\ 0,8 & 1 & 0,8 \\ 0,3 & 0,8 & 1 \end{pmatrix} = (0,8, 1, 0,8).$$

Al igual que con la composición de relaciones esta operación puede considerarse como una multiplicación, en este caso de un vector unidimensional, con una matriz, en donde el producto se sustituye por el mínimo y la suma por el máximo.

9. LA IMPLICACIÓN MATERIAL

En el camino a describir las herramientas necesarias para el desarrollo del sistema experto que se pretende relizar juega un papel crucial la implicación borrosa como sistema de inferencia.

Antes de describir el concepto de inferencia borrosa se debe considerar la implicación convencional, es decir, analizar el sentido de la implicación $p \rightarrow q$ siendo p y q afirmaciones o simplemente lo que en la lógica clásica se denominan proposiciones.

Dadas las proposiciones p y q , la implicación $p \rightarrow q$ significa que no puede ocurrir nunca que p sea verdad y que q no lo sea.

Es fácil entender que $p \rightarrow q = \text{no } q \vee q$. Es decir, la interpretación completa de la implicación material $p \rightarrow q$ es que el grado de verdad de $p \rightarrow q$ cuantifica de alguna manera que q es al menos tan cierto como p . O lo que es lo mismo

$p \rightarrow q$ es cierto \Leftrightarrow grado de verdad de $p \leq$ grado de verdad de q

$$p \rightarrow q \text{ es cierto} = \begin{cases} 1 & \text{si grado de verdad de } p \leq \text{grado de verdad de } q \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

p	q	$p \rightarrow q$
1	1	1
0	1	1
0	0	1
1	0	0

Por ejemplo, si

p = el hormigonado del forjado llevará más de 8 horas.

q = el hormigonado del forjado llevará más de 6 horas.

Es fácil comprender que $p \rightarrow q$ es cierto, pues evidentemente si el hormigonado dura más de 8 horas también dura más de 6 horas.

10. LA IMPLICACIÓN BORROSA.

En el apartado anterior se trató de implicaciones con proposiciones bien definidas con grados de verdad en el conjunto $\{0,1\}$.

Como ya se indicó en apartados anteriores, en la vida cotidiana las afirmaciones no son tan claras y se trabaja con afirmaciones difusas. En estos casos los grados de verdad de las proposiciones implicadas en el razonamiento no estarán en $\{0,1\}$, si no en $[0,1]$.

Considérese la afirmación siguiente:

si el tiempo de hormigonado es mucho entonces el retraso será grande

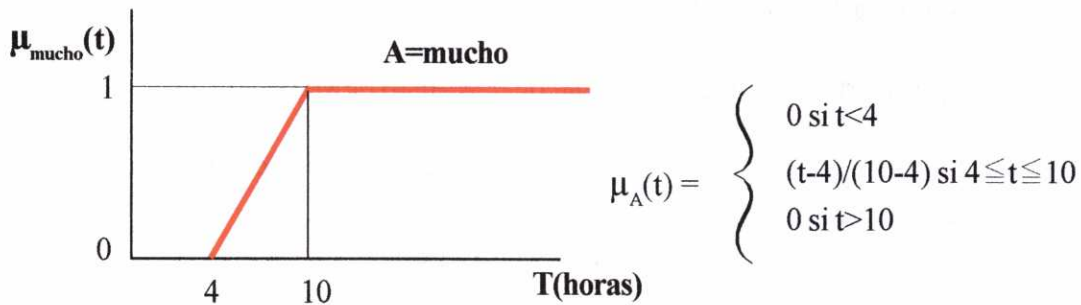
En esta implicación se tienen dos afirmaciones :

$p \rightarrow$ el tiempo de hormigonado es mucho

$q \rightarrow$ el retraso será grande

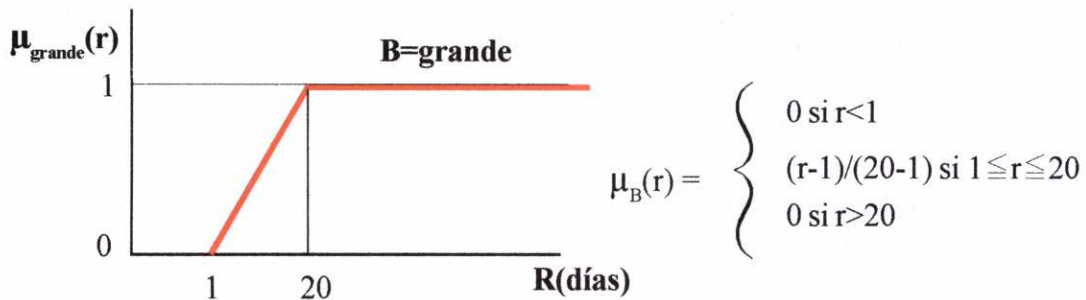
Ambas afirmaciones además tienen conceptos difusos como son «mucho» y «grande». Consideremos el universo de discurso U para la variable tiempo de hormigonado T como el conjunto de los números reales mayores de 0 supuestos medidos en horas. Consideremos además el número difuso «mucho» con una función de pertenencia como se indica en la figura.

Función de pertenencia del concepto «mucho»



Para la segunda parte de la implicación, se definirá el concepto «grande», referido al retraso y supuestamente medido en días. En este caso el universo de discurso de la variable retraso R será V y se considerarán los números reales mayores que cero. El número difuso que representará el concepto de «grande» se indica en la figura que sigue:

Función de pertenencia del concepto «grande»



Una vez definidos estos conceptos, el grado de verdad de la implicación borrosa $p \rightarrow q$ se puede definir como una relación entre p y q . Esta relación entre los conceptos borrosos «mucho» y «grande» indicaría el grado de verdad de $p \rightarrow q$. Cuanto más cierto sea que $p \rightarrow q$, entonces más relacionados estarán los conceptos difusos asociados a p y a q .

De forma análoga a como se interpretaba la implicación material, se puede extender ese concepto a implicaciones con valores intermedios de verdad. Una posible extensión sería:

$$p \rightarrow q \text{ es cierto} = \begin{cases} 1 & \mu_A(t) \leq \mu_B(r) \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

En el caso concreto que tengamos un tiempo de hormigonado de 8 horas, este tiempo puede ser calificado como «mucho» con un grado de verdad de $\mu_{\text{mucho}}(8) = 0,8$. Si además el retraso es de 21 días, entonces $\mu_{\text{grande}}(21) = 1$. Con estas premisas y siguiendo la interpretación que se ha dado anteriormente de la implicación borrosa, se obtendría que el grado de verdad de la implicación

«8 horas es un mucho tiempo de hormigonado» \rightarrow «21 días es un retraso grande»

sería

$$\mu_{\text{mucho}}(8) \rightarrow \mu_{\text{grande}}(21) = 0,8 \rightarrow 1 = 1, \text{ ya que } 0,8 < 1$$

Es fácil observar que esta interpretación de la implicación borrosa denominado «*standard*», a veces no es apropiado para las aplicaciones de la vida real. Efectivamente, si en el caso anterior los valores fuesen los siguientes

$$\mu_{\text{mucho}}(8) \rightarrow \mu_{\text{grande}}(21) = 0,8 \rightarrow 0,8 = 1, \text{ ya que } 0,8 \leq 0,8$$

Supongamos que un pequeño error en la estimación de $\mu_{\text{grande}}(21)$ hace que el valor sea en vez de 0,8 sea 0,79, entonces

$$\mu_{\text{mucho}}(8) \rightarrow \mu_{\text{grande}}(21) = 0,8 \rightarrow 0,79 = 0, \text{ ya que } 0,8 \geq 0,79$$

Se observa pues que pequeños cambios en los valores de entrada provocan grandes desviaciones en la salida, este criterio de interpretación de la implicación borrosa es muy sensible a redondeos propios de cálculos con ordenadores y a errores de medida. Por lo tanto es necesario establecer otra interpretación que evite estos inconvenientes y que mantenga la lógica de la implicación.

Se han propuesto muchas alternativas para el grado de verdad de la implicación borrosa. a continuación se indican los más usados desde un punto de vista de la aplicación práctica.

Dada una implicación del tipo $p \rightarrow q$ en la cual tanto en p y en q se manejan conceptos difusos con grados de verdad μ_A y μ_B respectivamente, el grado de verdad de la implicación puede considerarse como el grado de la relación borrosa que liga los conceptos A y B , y tendrá el siguiente valor según distintos autores:

Larsen (1990)	$p \rightarrow q = \mu_A * \mu_B$
Lukasiewicz	$p \rightarrow q = \text{mínimo}(1, 1 - \mu_A + \mu_B)$
Mandani (1977)	$p \rightarrow q = \text{mínimo}(\mu_A, \mu_B)$
Standard	$p \rightarrow q = \begin{cases} 1 & \mu_A \leq \mu_B \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$
Gödel (1995)	$p \rightarrow q = \begin{cases} 1 & \mu_A \leq \mu_B \\ \mu_B & \mu_B < \mu_A \end{cases}$
Goguen (1974)	$p \rightarrow q = \begin{cases} 1 & \mu_A \leq \mu_B \\ \mu_B / \mu_A & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$
Gaines-Rescher (1976, 1969)	$p \rightarrow q = \begin{cases} 1 & \mu_A \leq \mu_B \\ 0 & \mu_B < \mu_A \end{cases}$
Kleene-Dienes (1995)	$p \rightarrow q = \text{máximo}(1 - \mu_A, \mu_B)$
Kleene-Dienes-Luk (1995)	$p \rightarrow q = 1 - \mu_A + \mu_A * \mu_B$
Zadeh (1981)	$p \rightarrow q = \text{máximo}(\text{mínimo}(\mu_A, \mu_B), 1 - \mu_A)$
Wu (1986)	$p \rightarrow q = \begin{cases} 1 & \mu_A \leq \mu_B \\ \min(1 - \mu_A, \mu_B) & \mu_B < \mu_A \end{cases}$

En la mayoría de las aplicaciones prácticas se usa la implicación propuesta por Mandani para modelar la relación casual entre variables borrosas. Como se ha indicado este operador toma el mínimo de los grados de verdad de los predicados borrosos. Se puede observar que esta no es una correcta extensión de la implicación material pues $0 \rightarrow 0$. Sin embargo en los sistemas expertos, y el controlador difuso no es más que un sistema experto, en donde se utilizan reglas basadas en la implicación lógica, no se suelen usar reglas en las que el antecedente es falso.

11. LA TEORÍA DEL RAZONAMIENTO APROXIMADO. INFERENCIA DESDE PROPOSICIONES DIFUSAS CONDICIONALES.

En 1975 Zadeh introdujo la teoría del razonamiento aproximado (Zadeh, 1975), como una extensión a los juicios de valor de la lógica clásica bivalente. Esta teoría proporciona un entorno para el razonamiento cuando se trata con información imprecisa. A continuación se describen las generalizaciones de las tres reglas clásicas de inferencia, el *modus ponens*, *modus tolens* y el *silogismo hipotético*.

El *modus ponens* en particular, será fundamental a la hora de construir reglas que sean capaces de captar y representar el conocimiento de un experto, y por tanto será fundamental en el desarrollo de un sistema inteligente.

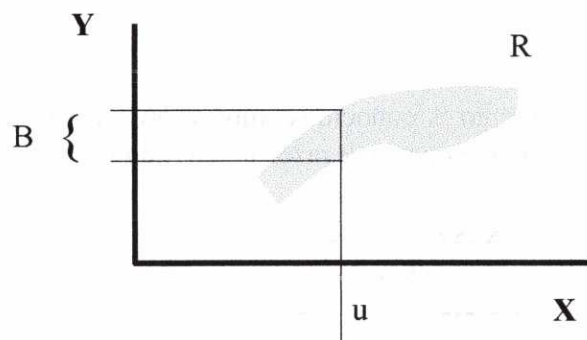
Supongamos que se tienen dos variables x e y que toman valores respectivamente en unos dominios X e Y . Además se conoce la relación que liga ambas variables, siendo esta relación el tipo $y = f(x)$. Con estos antecedentes podemos realizar deducciones de forma inmediata pues si:

premisa	$y = f(x)$
hecho	$x = x'$

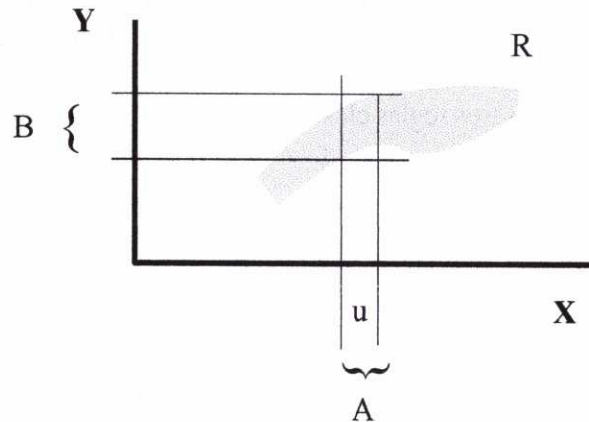
consecuencia	$y = f(x')$

Esta regla de inferencia nos indica que si $y = f(x)$ para todo $x \in X$ y se observa que $x = x'$ entonces y toma el valor $f(x')$.

Considérese ahora que las variables x e y están relacionadas con una relación arbitraria en $X \times Y$, sin ser necesariamente una función. Entonces dado $x = u$ y la relación R , se puede inferir que $y \in B$ siendo $B = \{y \in Y / (x, y) \in R\}$, como se indica en la figura.



Hay que resaltar que el hecho de que R sea una relación permite que u esté relacionado con varios elementos a la vez. De forma similar si se conoce que el valor de x está en A , se puede inferir que el valor de y está en B siendo $B = \{y \in Y / (x, y) \in R, x \in A\}$.



En el caso de que los conjuntos A y B sean difusos y la relación R que los liga también, todo lo anterior funcionaría de forma similar y el proceso de inferencia podría ser expresado en términos de las funciones características de $\mu_A(x)$, $\mu_B(y)$, $\mu_R(x, y)$ de A , B y R respectivamente, mediante la ecuación:

$$\mu_B(y) = \sup_{x \in X} \{ \text{mínimo} (\mu_A(x), \mu_R(x, y)) \}$$

Retomando el caso ya visto de la composición de un número borroso con una relación borrosa, se observa que es el mismo caso el que ahora se presenta, por lo tanto la expresión de arriba corresponde a la expresión matricial ya conocida y denominada *regla composicional de inferencia*.

$$B = A \circ R$$

Si se considera ahora la relación R que se induce en una implicación borrosa del tipo

si x es A entonces y es B

y además dada otra proposición del tipo x es A' , se puede concluir que y es B' mediante la ecuación $B' = A' \circ R$.

Este proceso de razonamiento es conocido como *modus ponens generalizado*, o razonamiento directo, y que responde al esquema de razonamiento siguiente:

Regla:	si x es A , entonces y es B
Hecho:	x es A'

Conclusión	y es B'

Se observa que un razonamiento con la estructura indicada arriba, es decir, dada una

regla y un *hecho* se puede deducir una *conclusión* sin más que realizar la composición del conjunto difuso asociado al *hecho* con la relación difusa inducida por la implicación borrosa de la *regla*. Como conclusión se obtiene el conjunto difuso de la *conclusión*. En término matemáticos podríamos decir que la *conclusión* es la proyección del *hecho* sobre la *regla*.

En este esquema B' es calculado con $\mu_{B'}(y) = \sup_{x \in X} \{\text{mínimo}(\mu_A(x), \mu_R(x, y))\}$, y R es la relación inducida por la regla:

$$\begin{array}{ccc} \text{si } x \text{ es } A, & \text{entonces } & y \text{ es } B \\ p & \rightarrow & q \end{array}$$

utilizando alguno de los operadores propuestos anteriormente, Larsen, Lukasiewicz, Mandani, etc.

Seleccionar una expresión para la relación inducida por la implicación en el contexto del razonamiento aproximado no es tarea fácil. Existen algunas orientaciones teóricas para determinadas situaciones, pero la solución general aún está muy lejos de determinarse.

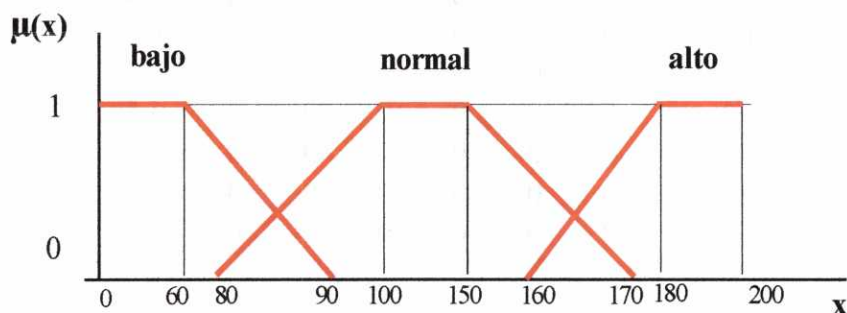
En el caso de $A'=A$ y $B'=B$ entonces el esquema responde al razonamiento clásico conocido como *modus ponens*. Este sistema de inferencia es fundamental para el diseño del controlador borroso que se pretende diseñar.

A continuación se expondrá un ejemplo para clarificar este proceso de inferencia, pues es básico en el proceso de adquisición del conocimiento que se pretende realizar, pues se llevará a cabo a través de un conjunto de reglas como las aquí mencionadas.

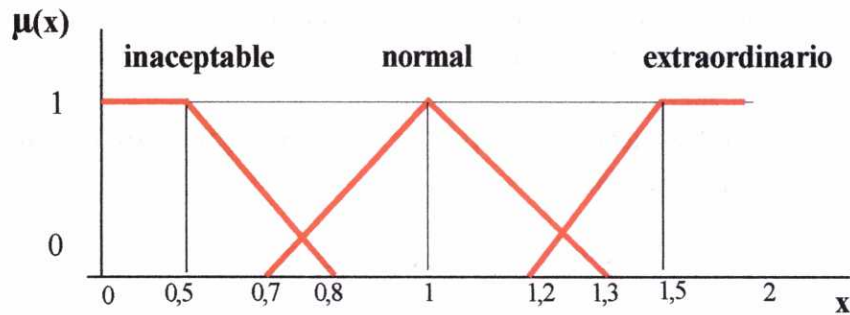
Supóngase que se pretende estudiar la relación del incremento del sueldo de un operario de la construcción en su rendimiento diario. En lo que sigue las cifras adoptadas son a modo de ejemplo y no tienen que responder a la realidad actual. Los universos de discurso serían para el salario mensual los números comprendidos entre [100, 300] supuesto el salario indicado en miles de pesetas. Para el rendimiento se puede adoptar un universo de discurso comprendido entre [0,2] indicando este número el número de trabajadores a que equivaldría el trabajo realizado por uno solo, es decir, un rendimiento de 2 indicaría que un trabajador realiza prácticamente el trabajo de dos personas, y un rendimiento de 0,8, indicaría que la persona estaría por debajo del rendimiento normal que sería 1.

Para ambos universos de discurso se establecen las particiones que se indican en las

Posible partición para la variable difusa «salario»



Possible partición para la variable difusa «rendimiento»



figuras siguientes:

Considérese ahora el conjunto difuso asociado al concepto «salario normal» mediante los valores discretos $A = \{0/0, 60/0, 80/0, 90/0.5, 100/1, 150/1, 160/0.5, 170/0, 180/0, 200/0\}$ y el conjunto asociado al concepto «rendimiento extraordinario» $B = \{0/0, 0.5/0, 0.7/0, 0.8/0, 1/0, 1.2/0, 1.3/0, 1.5/1, 2/1\}$. Supóngase que se conoce una implicación del tipo siguiente:

«si el salario es alto entonces el rendimiento es extraordinario»

que responde al esquema

$p \rightarrow q$

y además se conoce el hecho A' de que «el salario es bajo»

finalmente se desea conocer la conclusión B'

La relación R inducida por $p \rightarrow q$ utilizando la implicación de Mandani $p \rightarrow q = \min(\mu_A, \mu_B)$ sería:

		rendimiento								
		0	0,5	0,7	0,8	1	1,2	1,3	1,5	2
salarios	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	90	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5
	100	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	150	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	160	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,5
	170	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	180	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0

El vector asociado al hecho A' sería $A' = \{0/1, 60/1, 80/0,5, 90/0, 100/0, 150/0, 160/0, 170/0, 180/0, 200/0\}$ es decir $(1, 1, 0,5, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$.

Utilizando el *modus ponens generalizado* $\Rightarrow B' = A' \circ R = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$ es decir el conjunto borroso $B' = \{0/0, 0,5/0, 0,7/0, 0,8/0, 1/0, 1,2/0, 1,5/0, 2/0\}$.

Otra regla de inferencia es la conocida como *modus tollens generalizado*, o razonamiento inverso y se expresa según el siguiente esquema:

Regla:	si x es A, entonces y es B
Hecho:	y es B'

Conclusión	x es A'

En este caso A' se obtiene de forma similar como $A' = B' \circ R$. Cuando $B' =$ complementario de B y $A' =$ complementario de A, y los conjuntos no son borrosos, entonces se obtiene el *modus tollens clásico*. Este sistema de inferencia es comúnmente usado en el campo del diagnóstico médico para la creación de sistemas inteligentes de diagnóstico, en el que se niega el consecuente para llegar a la conclusión de la negación del antecedente. Por ejemplo si la regla es «si se tiene gripe se tiene fiebre» y el hecho es que «no se tiene fiebre», entonces se puede concluir que «no se tiene gripe». Hay que hacer notar que el razonamiento directo en este caso no sería correcto; en efecto, si la regla sigue siendo «si se tiene gripe se tiene fiebre», pero ahora el hecho es «tiene fiebre» la conclusión del razonamiento directo sería «tiene gripe» lo cual claramente es un error al poder tener fiebre por muchos otros motivos. De ahí la necesidad de esta otra regla de inferencia. Además se observa que unas son utilizadas en ámbitos del conocimiento distintos.

Existe otro principio de inferencia conocido como *silogismo hipotético generalizado*, pero que carece de interés para el sistema que se pretende construir aquí.

Y a que el mecanismo de la implicación borrosa no es único, como ya se citó anteriormente, seleccionar una expresión, de entre las múltiples propuestas, para la implicación borrosa, en el ámbito del razonamiento aproximado no es tarea fácil. Se deberá pues definir una o varias expresiones a utilizar en el proceso de inferencia. Parece lógico pensar que se deberían seleccionar criterios que cumplieran los casos particulares de las reglas de inferencia dadas por el *modus ponens*, *modus tollens*. Es decir se deberá cumplir que para la relación R que se escoja

$$B = A \circ R \quad \text{modus ponens}$$

$$\text{complementario de } A = \text{complementario de } B \circ R \quad \text{modus tollens}$$

Se puede comprobar (Klir y Yuan, 1995) que las únicas implicaciones que cumplen los dos criterios son las de Mamdani, Gödel y Wu. Efectivamente, retomando el ejemplo anterior se observa que con la implicación de Mamdani si aplicamos el vector A a la implicación $A \rightarrow B$, según la regla de inferencia del *modus ponens* deberíamos obtener B, en efecto, al hacer la multiplicación matricial min-max se obtiene el vector $B = (0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 1)$ es decir el conjunto borroso $B = \{0/0, 0,5/0, 0,7/0, 0,8/0, 1/0, 1,2/0, 1,3/0, 1,5/1, 2/1\}$, como era de esperar.

11.1. Razonamiento aproximado con múltiples condiciones.

Frecuentemente, por no decir siempre, se desconoce la relación f entre x e y , como mucho se conocen algunos valores de $f(x)$ para algunos valores de x . Este conocimiento se podría expresar como un conjunto de reglas del tipo

R_1 : si $x=x_1$ entonces $y=y_1$ además

R_i : si $x=x_i$ entonces $y=y_i$ además

R_n : si $x=x_n$ entonces $y=y_n$

Supóngase que dado $x' \in X$ se quiere determinar $y' \in Y$ basándose en el conjunto de reglas anterior, entonces

R_1 : si $x=x_1$ entonces $y=y_1$ además

R_i : si $x=x_i$ entonces $y=y_i$ además

R_n : si $x=x_n$ entonces $y=y_n$

hecho: $x=x'$

consecuencia $y=y'$

Este proceso es el conocido como interpolación. Las reglas borrosas combinan uno o más conjuntos borrosos de entrada, llamados antecedentes o premisas, y les asocian un conjunto borroso de salida, llamado consecuente o consecuencia. Los conjuntos borrosos de la premisa se asocian mediante conjunciones lógicas como «y» o «o». Las reglas borrosas permiten expresar el conocimiento que se dispone acerca de la relación entre antecedentes y consecuentes. Para expresar este conocimiento de forma completa se precisan varias reglas, que se agrupan formando lo que se conoce como una base de reglas, o el conjunto de reglas que expresan las relaciones conocidas entre antecedentes y consecuentes.

En el caso en que las variables x e y sean difusas representando valores lingüísticos, el problema básico del razonamiento aproximado multicondicional es encontrar la función de pertenencia de la consecuencia B' , utilizando el conjunto de reglas $\{R_i\}$ y el hecho A en la forma que se indica a continuación:

R_1 : si $x=A_1$ entonces $y=B_1$ además

R_i : si $x=A_i$ entonces $y=B_i$ además

$$R_n: \text{ si } x=A_n \text{ entonces } y=B_n$$

$$\text{hecho } x=A$$

$$\text{consecuencia } y=B'$$

Este tipo de razonamiento es típico en los controladores difusos como el que se pretende diseñar. El proceso más común para determinar B' es conocido como *método de interpolación* y consta de los siguientes pasos:

1.- Calcular el máximo grado de consistencia r_i del hecho dado con el antecedente de cada regla. En este caso se puede obtener este valor discretizando los conjuntos correspondientes a A_i y A' y considerando los vectores asociados a los mismos y luego aplicando la composición max-min de la forma que se hizo anteriormente, mediante la multiplicación de dos vectores, el vector fila de dimensión $1,n$ asociado a A' y el vector columna de dimensión $n,1$ asociado a A_i en donde n es el grado de discretización de ambos conjuntos.

2.- Truncar cada consecuente B_i con cada r_i , que indica el grado en que el hecho A' es compatible con el antecedente A_i .

3.- Considerar B' como la unión de los B'_i .

Este método de interpolación en realidad no es más que una agregación disyuntiva de las distintas implicaciones borrosas dadas por las n reglas, en efecto, si se considera la relación R_i sobre X e Y definida como:

$$R_i(x,y) = \text{mínimo}[A_i(x), B_i(y)]$$

y la relación conjunta de todas las reglas según indica el punto 3.- será:

$$R = U_{i=1,n} (R_i)$$

dando a la unión la interpretación clásica de máximo, es decir:

$$R = \text{máximo}_{i=1,n} (R_i) = \text{máximo}_{i=1,n} (\text{mínimo}[A_i(x), B_i(y)])$$

$$\text{para todo } x \in X \text{ e } y \in Y$$

En el caso de considerar la unión para la agregación de las distintas reglas, se obtendrá una conclusión para el hecho dado A' cuando al menos algún $r_i > 0$. Cuando esto sucede se dice que la regla i -ésima es activada o «activada» por el hecho A' . Esta operación se ha implementado en forma matricial con el fin de su posterior programación.

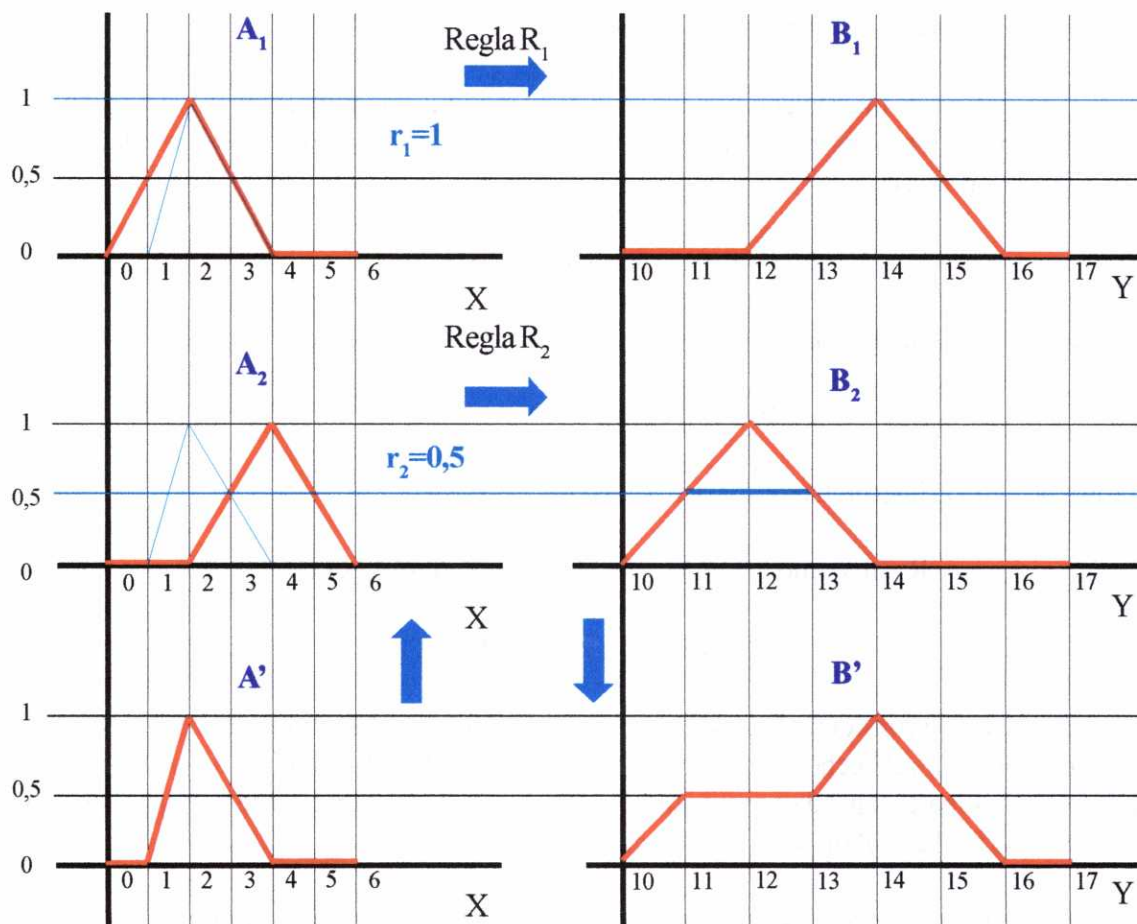
Todo este proceso puede implementarse de forma matricial (la forma matricial de implementarlo es mía) lo cual facilita la mecánica del proceso para posteriores implementaciones. A continuación se expone un ejemplo numérico y su representación gráfica, en el que se determina el conjunto borroso consecuente B' de un antecedente A' en base a un conjunto de dos

reglas del tipo SI \rightarrow ENTONCES. La determinación de B' se hace operando con matrices utilizando la interpretación matricial de la relación borrosa, ya vista anteriormente, inducida por cada regla o implicación borrosa del tipo Mamdani.

Considérense las siguientes reglas:

$$\begin{aligned} R_1 &\rightarrow \text{Si } A_1 \text{ entonces } B_1 \\ R_2 &\rightarrow \text{Si } A_2 \text{ entonces } B_2 \end{aligned}$$

siendo A_1 y A_2 los conjuntos borrosos indicados en la figura. Las variables lingüísticas X e Y pertenecen a los universos de discurso U y V respectivamente. Se ha considerado una discretización simple de los universos de discurso con objeto de simplificar el proceso de cálculo.



El hecho será A' y se pretende determinar B' como conclusión. Como puede observarse en la figura la consecuencia B' se obtiene a través de las reglas R_1 y R_2 .

El conjunto borroso A_1 es $(0/0, 1/0,5, 2/1, 3/0,5, 4/0, 5/0, 6/0)$ y tiene un vector asociado $(0, 0,5, 1, 0,5, 0, 0, 0)$. El conjunto borroso A_2 es $(0/0, 1/0, 2/0, 3/0,5, 4/1, 5/0,5, 6/0)$ y tiene un vector asociado $(0, 0, 0, 0,5, 1, 0,5, 0)$.

El conjunto borroso B_1 es $(10/0, 11/0, 12/0, 13/0,5, 14/1, 15/0,5, 16/0, 17/0)$ y tiene un vector asociado $(0, 0, 0, 0,5, 1, 0,5, 0, 0)$. El conjunto borroso B_2 es $(10/0, 11/0, 12/0, 13/0,5, 14/1, 15/0,5, 16/0, 17/0)$ y tiene un vector asociado $(0, 0,5, 1, 0,5, 0, 0, 0, 0)$.

El conjunto borroso asociado al hecho será $A' = (0/0, 1/0, 2/1, 3/0,5, 4/0, 5/0, 6/0)$ y tiene un vector asociado $(0, 0, 1, 0,5, 0, 0, 0)$.

La matriz asociada a la primera regla con la implicación de Mamdani será:

$$R_1 = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

La matriz asociada a la segunda regla con la implicación de Mamdani será:

$$R_2 = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

La matriz resultante de ambas reglas suponiendo una asociación por disyunción, será:

$$R = R_1 \cup R_2 = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

La conclusión B' será por tanto $B' = A' \circ R = A' \circ (R_1 \cup R_2)$.

Se puede comprobar además que los grados de consistencia del hecho A' con los antecedentes A_i se pueden obtener por la multiplicación matricial min-max del vector asociado a A' con los vectores asociados a A_i , es decir:

$$r_1 = 0, 0, 1, 0,5, 0, 0, 0 \quad \begin{matrix} 0 \\ 0,5 \\ 1 \\ 0,5 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} = 1$$

$$r_2 = 0, 0, 1, 0,5, 0, 0, 0 \quad \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0,5 \\ 1 \\ 0,5 \\ 0 \end{matrix} = 0,5$$

Como ya se indicó cualquier proposición condicional del tipo SI \rightarrow ENTONCES, puede ser expresada en términos de una relación borrosa entre las variables implicadas. Una de las claves del desarrollo de un sistema experto que utilice tales reglas es escoger apropiadamente, de entre las múltiples alternativas, la expresión que define tal relación.

Es necesario reseñar aquí que este proceso es general para cualquier interpretación de la relación inducida por cada regla, así como el método para agregar las distintas reglas. En lo que sigue se considerará la relación dada por Mamdani (1977) y la interpretación disyuntiva de la agregación de reglas.

11.2. Sistemas borrosos basados en reglas.

El formato de las reglas borrosa R_i : SI A ENTONCES B propio de la implicación borrosa, puede generalizarse en para el caso en que en la regla haya varias sentencias SI, es decir:

$$\text{SI } A_1 \text{ y } A_2 \text{ y } A_3 \text{ y } \dots A_n \text{ ENTONCES } B_i$$

En donde A_i son sentencias del tipo *x es I_i* y B_i del tipo *y es O_j* . Los I_i son conjuntos borrosos en el universo U que forman una partición de la variable X , y O_j son conjuntos borrosos del universo V que forman una partición de la variable y .

Este formato de reglas es conocido como borroso puro o Mamdani (1975) por ser el que primero las propuso para realizar un controlador borrosos que estabiliza un sistema entorno a su punto de equilibrio.

La base de reglas en este caso se puede representar bien como una tabla de reglas que la forman, o como una matriz que representa la consecuencia de cada regla definida para combinación de dos entradas. Esta matriz es lo que se conoce como una FAM (Fuzzy Associative Memory) memoria asociativa borrosa. Cuando el número de cada una de las particiones de entrada crece, las FAM se hacen difícilmente manejables. Se pueden definir FAM de más de dos dimensiones, pero se complican de manera excesiva. Normalmente se suele trabajar con una o varias FAM de dimensión dos., que responden al formato de regla:

SI A^1_i y A^2_j ENTONCES $B_{i,j}$ es decir,

SI x es I^1_i y x es I^2_j ENTONCES Y es $O_{i,j}$

Las FAM permiten realizar una representación gráfica más clara de las relaciones entre dos variables lingüísticas de entrada y la variable lingüística de salida, pero requiere que se indiquen explícitamente todas las reglas que se pueden formar con las dos variables de entrada. En la figura siguiente se expresa una matriz de reglas para dos variables de entrada, la primera de ellas con cuatro valores difusos en su partición y la segunda con tres.

			I^2_j
I^1_i			$B_{i,j}$

Si hubiese más variables de entrada se construirían más matrices para reflejar las combinaciones posibles, es decir, si tenemos n variables de entrada y m variables de salida el número máximo de matrices necesarias para reflejar las posibles combinaciones de dos será:

$$\text{nº de matrices} = \binom{n}{2} * m = [(n)! / 2!(n-2)!] * m$$

En el caso que sólo exista una variable de salida y el sistema de inferencia se denomina MISO (Multiple Input Single Output) si tiene varias variables de salida se denomina MIMO (Multiple Input Multiple Output). Estos últimos pueden descomponerse en múltiples sistemas MISO.

Los dispositivos o sistemas de inferencia borrosa interpretan las reglas del tipo SI →

ENTONCES de una base de reglas, con objeto de obtener los valores de salida a partir de los valores de las variables lingüísticas de entrada al sistema.

Se observa que cada regla del tipo MISO para dos variables de entrada, responde al esquema visto anteriormente para el razonamiento aproximado con múltiples condiciones, en este caso dos condiciones. Por lo tanto conocido un hecho dado A' (entrada al sistema) la consecuencia (salida del sistema) se obtendrá como consecuencia del proceso descrito en el apartado anterior. Hay que recordar que el formato tanto de los antecedentes, consecuentes, hechos y conclusiones responde al esquema general

$$x \text{ es } I$$

donde I es un conjunto borroso ya sea en la partición de entrada o en la de salida, e x es un valor concreto de la variable X .

11.3 Mecanismos de razonamiento difuso.

A continuación se expondrán los sistemas de razonamiento borroso para el caso general de múltiples reglas con varias sentencias $SI \rightarrow$ ENTONCES en cada regla. En particular se estudiará el caso de dos antecedentes por regla por ser, como ya se a explicado en el apartado anterior, el caso más sencillo de representar para una FAM, además de que un caso más complejo con más de dos variables de entrada, puede ser reducido a un conjunto finito de casos del tipo que a continuación se describe. Hay que tener en cuenta además que una sentencia de más de dos condiciones de entrada será difícil de evaluar para el experto del cual se pretende captar su conocimiento, siendo mucho más sencilla la representación del conocimiento a través de un número finito de sentencias simples.

El esquema general que se pretende resolver es el que a continuación se indica, que no es más que una extensión del *Modus Ponens Generalizado*.

$$\begin{array}{ll} R_1 & SI \ A_1 \text{ y } B_1 \text{ ENTONCES } C_1 \\ R_2 & SI \ A_2 \text{ y } B_2 \text{ ENTONCES } C_2 \end{array}$$

$$R_n \quad SI \ A_n \text{ y } B_n \text{ ENTONCES } C_n$$

$$A' \text{ y } B'$$

$$C'$$

Como se puede observar cada regla presenta dos antecedentes A_i , B_i y un consecuente C_i del tipo « x es A_i », « y es B_i » y « z es C_i ».

El hecho en este caso, presenta dos sentencias del mismo tipo, $A' = \langle x = X_0 \rangle$ e $B' = \langle y = Y_0 \rangle$.

En todo momento x, y, z son variables sobre los universos de discurso U, V, W , y A, B, C , son conjuntos borrosos de particiones de los universos correspondientes.

En general el objeto del mecanismo de inferencia borrosa es determinar la conclusión C' , es decir « z es C » basándose en las reglas y el hecho.

La i -ésima regla $R_i = \langle \text{SI } A_i \text{ y } B_i \text{ ENTONCES } C_i \rangle$ induce una relación R_i que es definida como:

$$R_i(x, y, z) = (A_i \times B_i \rightarrow C_i)(x, y, z) = [A_i(x) \wedge B_i(y) \rightarrow C_i(z)]$$

para $i = 1 \dots n$.

Encontrar C' dado el hecho combinado A' y B' implica interpretar o dar un sentido a:

- 1) la conectividad lógica «y» entre antecedentes.
- 2) el operador de implicación «entonces».
- 3) la conectividad entre reglas «tambien».
- 4) la composición conclusiones para obtener una sola.

El proceso general sería pues de la forma siguiente:

Primero se determinará (pasos 1 y 2) para cada regla R_i una conclusión

$$C_i = (A' \wedge B') \circ R_i = (A' \circ R_i) \wedge (B' \circ R_i)$$

interpretando la conectividad lógica de «y» forma convencional a través del operador mínimo.

La relación R_i en este caso está inducida por dos sentencias simples del tipo $A \rightarrow B$. En este caso para cada regla R_i serían $A_i \rightarrow C_i$ y $B_i \rightarrow C_i$.

La conectividad entre reglas y la composición para obtener una sola conclusión (pasos 3 y 4) C se realizará a través de algún operador de agregación, es decir:

$$C = \bigcup_{i=1}^n C_i$$

A continuación se presentan cuatro soluciones concretas de mecanismos de razonamiento difuso, en los que se basan gran parte de los sistemas expertos que se utilizan hoy día en muchas ramas de la ciencia. Estos son los mecanismos propuestos por Mamdani, Tsukamoto, Sugeno y Larsen. Todos ellos responden al esquema anterior, pero difieren o en el formato de las reglas y por lo tanto por la forma en que son evaluadas y agregadas para obtener una conclusión. Por

sencillez se supondrá sólo dos reglas, siendo por tanto el esquema general:

$$\begin{array}{l} R_1 \quad \text{SI } A_1 \text{ y } B_1 \text{ ENTONCES } C_1 \\ R_2 \quad \text{SI } A_2 \text{ y } B_2 \text{ ENTONCES } C_2 \\ \quad \quad A' \text{ y } B' \end{array}$$

C'

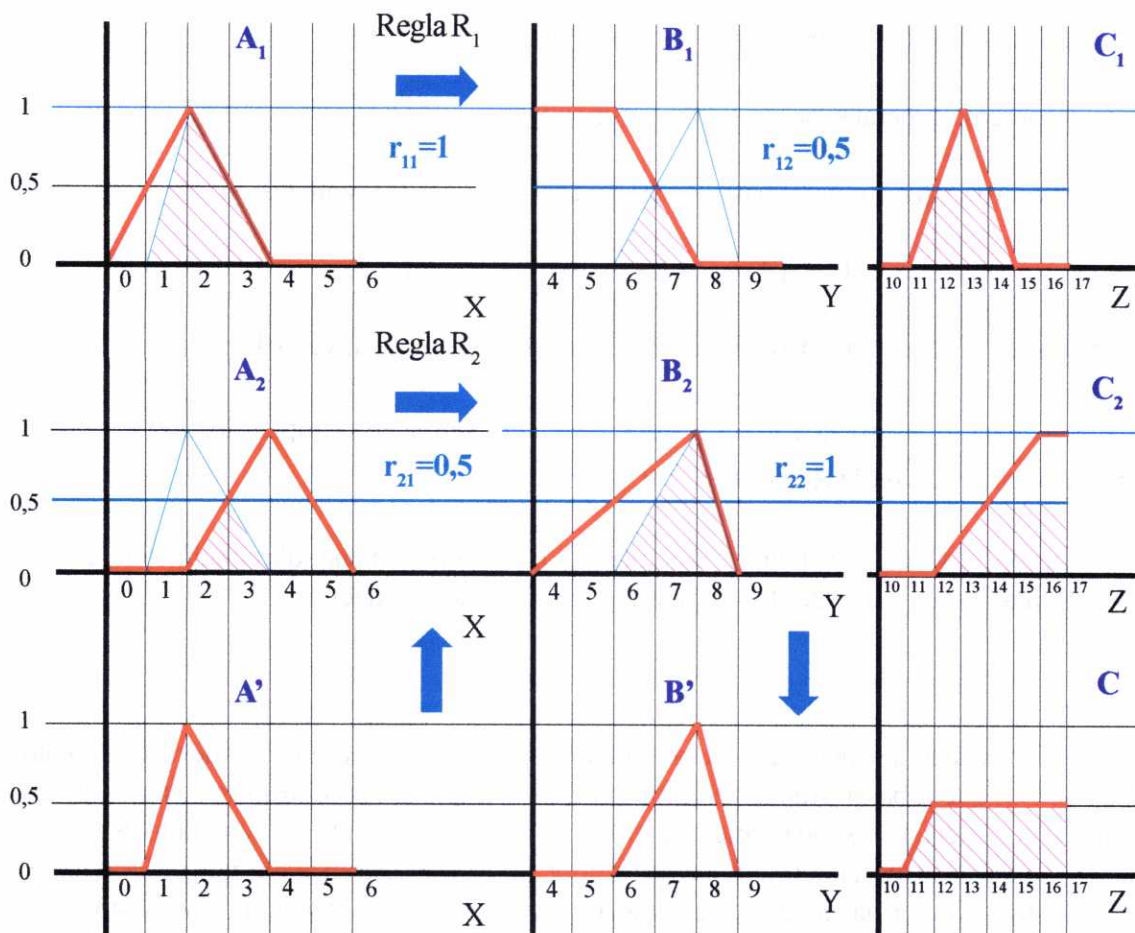
o lo que es lo mismo

$$\begin{array}{l} R_1 \quad \text{SI } x \text{ es } A_1 \text{ e } y \text{ es } B_1 \text{ ENTONCES } z \text{ es } C_1 \\ R_2 \quad \text{SI } x \text{ es } A_2 \text{ e } y \text{ es } B_2 \text{ ENTONCES } z \text{ es } C_2 \\ \quad \quad x \text{ es } X_0 \text{ e } y \text{ es } X_0 \end{array}$$

$z \text{ es } C$

11.3.1. El mecanismo de Mamdani.

En esta caso la implicación borrosa es modelada por el operador mínimo y la agregación de conclusiones por el operador máximo. Además la combinación de las dos implicaciones en cada regla es modelada con el operador mínimo.



Las matrices inducidas por esta doble sentencia serán la matriz formada a por elementos calculados mediante la conjunción a través del mínimo [$\min(\mu_A, \mu_C)$, $\min(\mu_B, \mu_C)$]. Estos dos pasos en realidad determinan el grado (grado de consistencia, ya definido) en que el hecho combinado activa el conjunto de las dos implicaciones que componen la regla.

Operativamente el cálculo se realiza de forma similar al caso de la regla simple, es decir, para cada implicación que compone la regla se calcula la matriz asociada a la relación inducida $R_{A_i}^{C_i}$ y $R_{B_i}^{C_i}$ estas matrices tendrán diferentes dimensiones en función del grado de discretización de cada universo.

En el ejemplo concreto anterior se obtendrá para la primera regla:

$$R_{A_1}^{C_1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{B_1}^{C_1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Los vectores asociados a los hechos A' y B' son:

$$A' = (0, 0, 1, 0,5, 0, 0, 0) \text{ y } B' = (0, 0, 0, 0,5, 1, 0)$$

Las conclusiones parciales asociadas a la regla nº 1 C'_1 se obtenidas mediante:

$$\min[A' \circ R_{A_1}^{C_1}, B' \circ R_{B_1}^{C_1}]$$

$$C'_1 = \min [(0, 0, 0,5, 1, 0,5, 0, 0, 0), (0, 0, 0,5, 0,5, 0,5, 0, 0, 0)]$$

$$C'_1 = (0, 0, 0,5, 0,5, 0,5, 0, 0, 0)$$

Para la segunda regla:

$$R_{A_2}^{C_2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,5 & 0,75 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R_{B_2}^{C_2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0,25 \\ 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,5 & 0,5 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,5 & 0,75 & 0,75 & 0,75 \\ 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,5 & 0,75 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Los vectores asociados a los hechos A' y B' son:

$$A' = (0, 0, 1, 0,5, 0, 0, 0) \text{ y } B' = (0, 0, 0, 0,5, 1, 0)$$

Las conclusiones parciales asociadas a la regla n°2 C'₂ se obtenidas mediante:

$$\min[A' \circ R_{A_2}^{C_2}, B' \circ R_{B_2}^{C_2}]$$

$$C'_2 = \min [(0, 0, 0, 0,25, 0,5, 0,5, 0,5, 0,5), (0, 0, 0, 0,25, 0,5, 0,75, 1, 1)]$$

$$C'_2 = (0, 0, 0, 0,25, 0,5, 0,5, 0,5, 0,5)$$

La conclusión final será:

$$C = U_{i=1}^2 C'_i = \text{máximo}_{i=1,2} [A' \circ R_{A_i}^{C_i} \cap B' \circ R_{B_i}^{C_i}] =$$

$$C = \text{máximo} [(0, 0, 0,5, 0,5, 0,5, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 0,25, 0,5, 0,5, 0,5, 0,5)] =$$

$$C = (0, 0, 0,5, 0,5, 0,5, 0,5, 0,5, 0,5).$$

Como se observa Mamdani adopta el criterio del máximo para la interpretación de la unión, aunque podría ser otra *t-conorma* cualquiera.

Antes de exponer el resto de los mecanismos de inferencia que se podrán utilizar para diseñar el controlador es necesario introducir dos conceptos fundamentales el de **borrosificador** y **deborrosificador**.

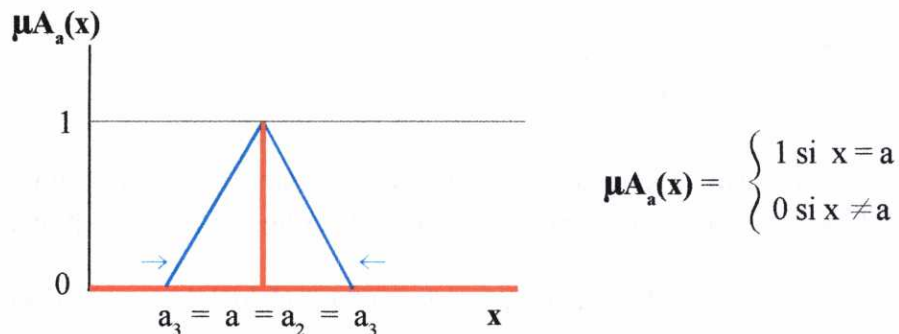
Como se ha expuesto hasta ahora las entradas a un sistema de inferencia eran conjuntos

borrosos que representaban los hechos del mecanismo de razonamiento difuso. En muchos casos sin embargo las entradas pueden provenir de sentencias del tipo, como ya se ha apuntado, $A' = \langle x = x_0 \rangle$ en donde el hecho A' indica que la variable x del universo de discurso X toma un valor discreto x_0 . Este es un caso habitual en los sistemas de control, y en el caso que aquí se pretende diseñar, también lo será.

En este caso como todo el proceso de inferencia se han considerado entradas como conjuntos borrosos, es necesario un mecanismo que convierta un valor de una entrada discreto en un valor difuso, sin perder el significado que dicha entrada representa. Este proceso es lo que se denomina borrosificación o difuminación de una variable.

El borrosificador establece una relación entre puntos de entrada no borrosos al sistema y sus correspondientes conjuntos borrosos, pues las variables con las que se trabaja, las cuales pueden provenir de mediciones o datos concretos, son valores no borrosos y habrá que difuminarlas previamente. Existen fundamentalmente dos procesos de borrosificación:

- borrosificador singleton: es el método de borrosificación más utilizado, y consiste en considerar los valores propios discretos como conjuntos borrosos. De esta manera para un valor de entrada $x=a$ se define un conjunto borroso A_a que lo soporta con una función de pertenencia del tipo

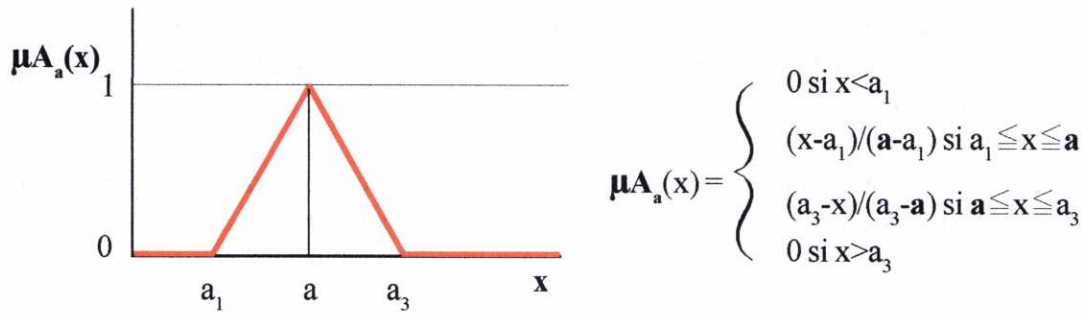


en realidad la función de pertenencia puede ser considerada de un caso particular de un N.T.D. de base cero, en el que los tres valores que lo definen son iguales, $a_1, a_2, a_3 = a$.

- borrosificador no singleton: el resto de borrosificadores pertenecen a esta categoría y hay varios, todos ellos comparten la idea de asignar al valor concreto de la variable de entrada $x=a$ un valor de la función de pertenencia del conjunto borrosos asociado A_a de $\mu_{A_a}(a)=1$, y a medida que nos alejamos por exceso o por defecto a ese punto ir disminuyendo el grado de pertenencia hasta el valor cero. Según sea la forma de considerar esa curva a ambos lados del valor central se obtendrán diversos borrosificadores.

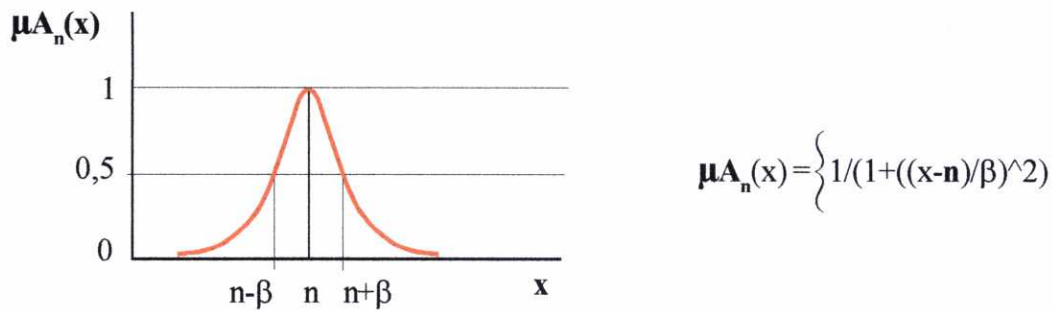
El más elemental es considerar un N.T.D. centrado en el valor concreto de la variable como se muestra en la siguiente figura.

Borrosificación por N.T.D.T. entorno a un valor.



Si la función lineal no refleja bien el hecho concreto que se pretende reflejar es habitual usar la siguiente función:

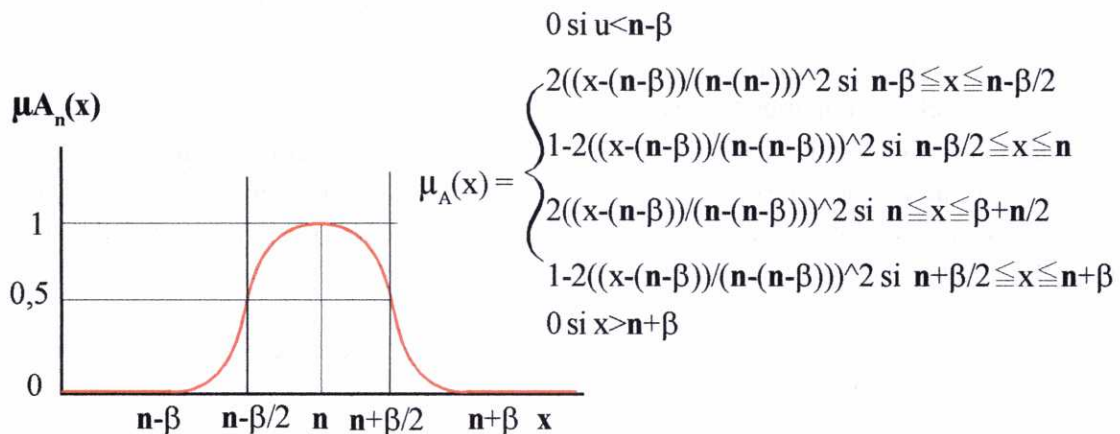
Borrosificación no lineal entorno a un valor.



En este caso la curva nunca alcanza el valor $\mu_{A_n}(x)=0$, salvo en el infinito. Por lo cual no sería apropiada para modelar el concepto «próximo», en la expresión «numeros proximos a n».

Finalmente se menciona la función π , ya vista, como modelo de borrosificador de transición no lineal y con extremos finitos.

Borrosificación no lineal entorno a un valor con función π .



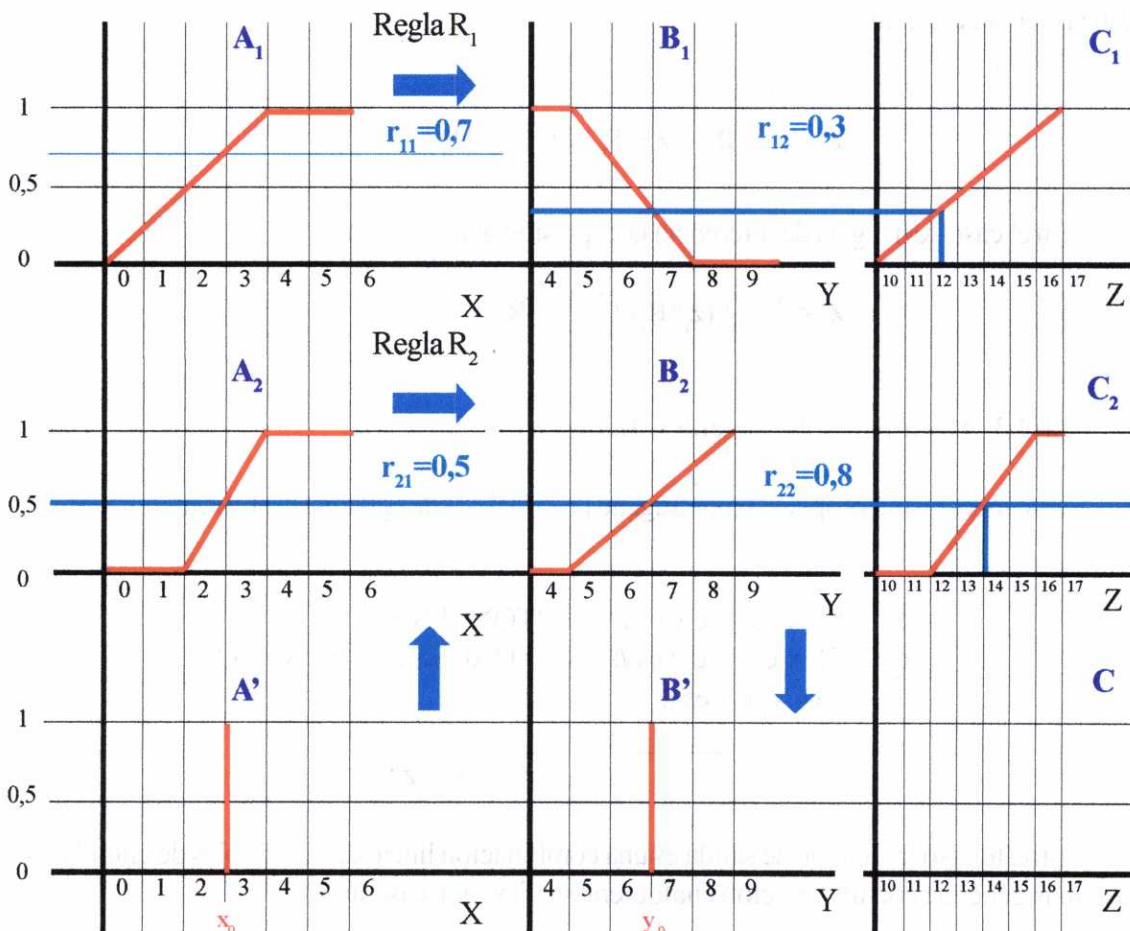
El concepto de deborrosificador está ligado a las variables de salida de un sistema de inferencia borroso, o razonamiento en condiciones de incertidumbre.

Como ya se ha visto la salida de un sistema de este tipo es un conjunto borroso, sin embargo en numerosos casos la salida que da el sistema no es apropiada, pues para tomar una decisión, o una acción de control, se necesita un valor concreto del vector de salida, entendiendo por tal en conjunto de las variables salida del sistema.

El proceso mediante el cual se transforma un valor difuso en un valor concreto el lo que se denomina desborrosificación y aunque no exactamente en concepto podría asimilarse al proceso inverso de la borrosificación. Existen varios sistemas para llevar a cabo este proceso. Para el caso del mecanismo de Mamdani se verán más adelante cuando se defina el controlador en detalle. Para los otros mecanismos se indican en al final de su descripción.

11.3.2. El mecanismo de Tsukamoto.

Este mecanismo propuesto por Tsukamoto es modelado para realizar inferencias en campos en que los conceptos reales pueden ser etiquetados con variables lingüísticas cuyas funciones de pertenencia sean monótonas crecientes o decrecientes. Los valores de entrada son borrosificados con el borrosificador singleton, de tal manera que las entradas al mecanismo de inferencia se pueden considerar discretas.



Este mecanismo presenta el siguiente esquema

$$\begin{array}{l}
 R_1 \quad \text{SI } x \text{ es } A_1 \text{ e } y \text{ es } B_1 \text{ ENTONCES } z \text{ es } C_1 \\
 R_2 \quad \text{SI } x \text{ es } A_2 \text{ e } y \text{ es } B_2 \text{ ENTONCES } z \text{ es } C_2 \\
 \quad \quad x \text{ es } x_0 \text{ e } y \text{ es } y_0 \\
 \hline
 z \text{ es } z_0
 \end{array}$$

Los niveles de activación r_{ij} se determinan mediante las expresiones:

$$R_1 = \min(r_{11}, r_{12}) = \min(\mu A_1(x_0), \mu B_1(y_0))$$

$$R_2 = \min(r_{21}, r_{22}) = \min(\mu A_2(x_0), \mu B_2(y_0))$$

Las conclusiones parciales z_1, z_2 se obtienen mediante:

$$\mu C_1(z_1) = \min(\mu A_1(x_0), \mu B_1(y_0))$$

$$\mu C_2(z_2) = \min(\mu A_2(x_0), \mu B_2(y_0))$$

En este caso el proceso de desborrosificación es el dos conjuntos del tipo singleton y se realiza mediante la expresión:

$$z_0 = (z_1 * R_1 + z_2 * R_2) / (R_1 + R_2)$$

En el caso de n reglas de inferencia la expresión general sería:

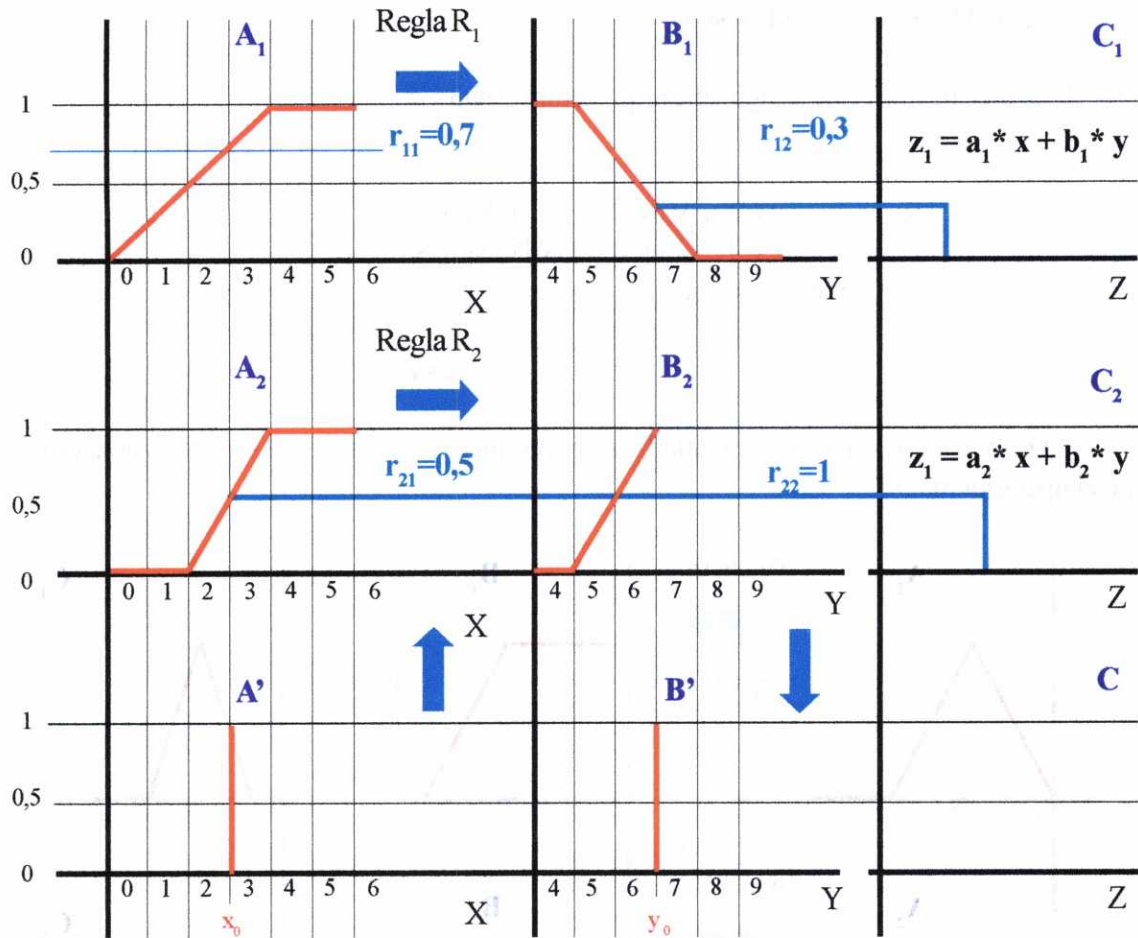
$$z_0 = \sum_{i=1}^n (z_i * R_i) / \sum_{i=1}^n R_i$$

11.3.3. Mecanismo de Sugeno y Takagi.

Este mecanismo propuesto por Sugeno (1983) tiene la siguiente arquitectura.

$$\begin{array}{l}
 R_1 \quad \text{SI } x \text{ es } A_1 \text{ e } y \text{ es } B_1 \text{ ENTONCES } z_1 = a_1 * x + b_1 * y \\
 R_2 \quad \text{SI } x \text{ es } A_2 \text{ e } y \text{ es } B_2 \text{ ENTONCES } z_2 = a_2 * x + b_2 * y \\
 \quad \quad x \text{ es } x_0 \text{ e } y \text{ es } y_0 \\
 \hline
 z \text{ es } z_0
 \end{array}$$

En este caso la función de salida es una combinación lineal de las variables de entrada, un caso más general sería una función cualquiera $z_i = f(x_i, y_i)$, caso de Takagi.



Los niveles de activación r_{ij} se determinan mediante las expresiones:

$$R_1 = \min(r_{11}, r_{12}) = \min(\mu_{A_1}(x_0), \mu_{B_1}(y_0))$$

$$R_2 = \min(r_{21}, r_{22}) = \min(\mu_{A_2}(x_0), \mu_{B_2}(y_0))$$

Las conclusiones parciales z_1, z_2 se obtienen mediante:

$$z_1 = a_1 * x_0 + b_1 * y_0 \quad \text{o} \quad z_1 = f_1(x_0, y_0)$$

$$z_2 = a_2 * x_0 + b_2 * y_0 \quad \text{o} \quad z_2 = f_2(x_0, y_0)$$

El proceso de desborrosificación es el dos conjuntos del tipo singleton y se realiza mediante la expresión:

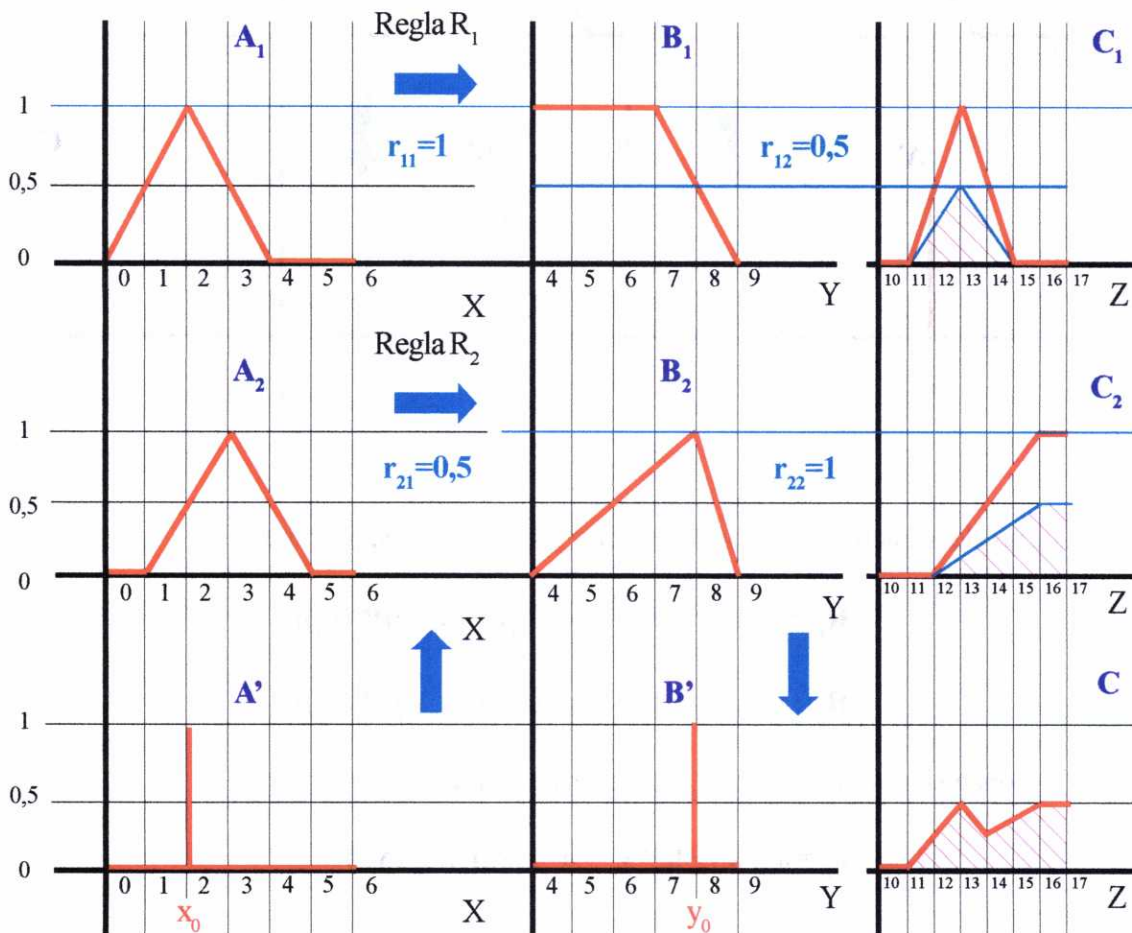
$$z_0 = (z_1 * R_1 + z_2 * R_2) / (R_1 + R_2)$$

11.3.4. Mecanismo de Larsen.

Este mecanismo tiene la siguiente arquitectura (1993).

$$\begin{array}{l}
 R_1 \quad \text{SI } x \text{ es } A_1 \text{ e } y \text{ es } B_1 \text{ ENTONCES } C_1 \\
 R_2 \quad \text{SI } x \text{ es } A_2 \text{ e } y \text{ es } B_2 \text{ ENTONCES } C_2 \\
 \quad \quad x \text{ es } x_0 \text{ e } y \text{ es } y_0 \\
 \hline
 z \text{ es } z_0
 \end{array}$$

La implicación borrosa es modelada por el producto de Larsen, y la sentencia conectiva con el operador máximo.



Las matrices inducidas por esta doble sentencia serán la matriz formada a por elementos calculados mediante la conjunción a través del producto $(\mu_A * \mu_C)$, $(\mu_B * \mu_C)$.

Al igual que en el caso de Mamdani, el cálculo se realiza de forma similar al caso de la regla simple, es decir, para cada implicación que compone la regla se calcula la matriz asociada a la relación inducida R_{A1}^{C1} y R_{B1}^{C1} .

En el ejemplo se obtendrá para la primera regla:

$$R_{A1}^{C1} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 & 0 & 0,25 & 0,5 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,25 & 0,5 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \end{matrix}$$

$$R_{B1}^{C1} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0,5 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,25 & 0,5 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,25 & 0,5 & 0,25 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \end{matrix}$$

Los vectores asociados a los hechos A' y B' (considerados como borrosificados con el operador sigleton) son:

$$A'_{x0} = (0, 0, 1, 0, 0, 0, 0) \text{ y } B'_{y0} = (0, 0, 0, 0, 1, 0)$$

Las conclusiones parciales asociadas a la regla n° 1 C'₁ se obtenidas mediante:

$$\min[A' \circ R_{A1}^{C1}, B' \circ R_{B1}^{C1}]$$

$$C'_1 = \min [(0, 0, 0,5, 1, 0,5, 0, 0, 0), (0, 0, 0,25, 0,5, 0,25, 0, 0, 0)]$$

$$C'_1 = (0, 0, 0,25, 0,5, 0,25, 0, 0, 0)$$

Para la segunda regla:

$$R_{A2}^{C2} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,12 & 0,25 & 0,37 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0,25 & 0,5 & 0,75 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0,125 & 0,25 & 0,37 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \end{matrix}$$

$$R_{B_2}^{C_2} = \begin{matrix} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0,06 \\ 0,12 \\ 0,18 \\ 0,25 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0,12 \\ 0,25 \\ 0,37 \\ 0,5 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0,18 \\ 0,25 \\ 0,56 \\ 0,75 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0,25 \\ 0,37 \\ 0,56 \\ 1 \\ 0 \end{matrix} & \begin{matrix} 0 \\ 0,25 \\ 0,5 \\ 0,75 \\ 1 \\ 0 \end{matrix} \end{matrix}$$

Al igual que antes los vectores asociados a los hechos A' y B' son:

$$A'_{x_0} = (0, 0, 1, 0, 0, 0, 0) \text{ y } B'_{y_0} = (0, 0, 0, 0, 1, 0)$$

Las conclusiones parciales asociadas a la regla nº2 C'₂ se obtenidas mediante:

$$\min[A' \circ R_{A_2}^{C_2}, B' \circ R_{B_2}^{C_2}]$$

$$C'_2 = \min [(0, 0, 0, 0, 12, 25, 37, 5, 5), (0, 0, 0, 0, 25, 5, 75, 1, 1)]$$

$$C'_2 = (0, 0, 0, 0, 12, 25, 37, 5, 5)$$

La conclusión final será:

$$C = \bigcup_{i=1}^2 C'_i = \text{máximo}_{i=1,2} [A' \circ R_{A_i}^{C_i} \cap B' \circ R_{B_i}^{C_i}] =$$

$$C = \text{máximo} [(0, 0, 0, 25, 5, 25, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 0, 12, 25, 37, 5, 5)] =$$

$$C = (0, 0, 0, 25, 5, 25, 37, 5, 5).$$

Para obtener alguna conclusión determinística conerte se recurrirá a alguna estrategia de desborrosificación de las que se hablará mas adelante cuando se describa completamente el esquema del sistema de control borroso.

Estos mecanismos y muchos es una tecnología, que basada en los conjuntos borrosos y la lógica difusa puede simular con bastante grado de aproximación el proceso de decision humano en el nivel mas alto de abstracción del lenguaje natural.

12. LA AUTOMATIZACIÓN DEL RAZONAMIENTO. LOS SISTEMAS BORROSOS.

La definición de sistema borroso puede incluir lo que se ha venido mencionando anteriormente como controlador borroso, o sistema de experto pues en general son sistemas que responden ante unos estímulos de forma autónoma y pseudointeligente. Normalmente se puede distinguir entre sistema experto y controlador borroso en base a los estímulos que reciben y las salidas que generan. En el caso de un controlador borroso las entradas suelen ser medidas de variables físicas que controlan algún proceso o mecanismo y las salidas son por lo tanto de la misma índole con objeto de controlar o corregir algún parámetro del sistema.

En un sistema experto las entradas, aunque numéricas, no suelen representar variables estrictamente físicas si no que por el contrario representan conceptos no relacionados con parámetros numéricamente medibles, tales como opiniones o valoraciones sobre determinados asuntos, etc., y están íntimamente relacionados con los procesos de toma de decisiones o sistemas de predicción o identificación. En fondo es el mismo concepto, pues un controlador borroso lo que hace al final de todo, es tomar decisiones sobre los valores de salida, en función de los valores de entrada y una base de conocimiento experto. Se podría describir el proceso como a una «caja negra» que recibe unas entradas y genera unas salidas en base a unas normas de comportamiento que le han sido dictadas.

No debe olvidarse nunca que el sistema sólo se comportará de forma autónoma una vez que le haya sido indicado la manera de hacerlo.

A continuación se describirá la forma de actuar de esa caja negra, responsable de evaluar las entradas y generar las salidas correspondientes, en la que tendrá un papel fundamental los sistemas de inferencia borrosa que se han descrito anteriormente basados en la lógica difusa y por supuesto en la teoría de los conjuntos borrosos. Puede por tanto considerarse estos sistemas de control como una aplicación directa de estas dos disciplinas. A su vez un sistema experto como el que se pretende diseñar, no deja de ser un caso de aplicación de un controlador borroso para la toma de decisiones.

La tecnología que subyace en estos sistemas es exactamente la misma que la utilizada en infinidad de procesos de control hardware que han sido ampliamente desarrollados en múltiples aplicaciones. Sin embargo la aplicación de esta tecnología para simular procesos de toma de decisiones o asesoramiento a la toma de decisiones no se ha desarrollado de forma pareja, aunque muchas empresas e instituciones han creado aplicaciones concretas totalmente operativas que se encuentran actualmente en pleno funcionamiento, pero que no han sido difundidas de forma explícita pues de hacerlo, revelarían en alguna medida sus políticas de empresa en los campos en que están siendo utilizadas.

El hecho de permitir que un sistema artificial «no humano» trate de comportarse como una persona, es posible gracias a que es capaz de trabajar con variables lingüísticas que pueden manejar conceptos a través de valores no numéricos, que están relacionados con las valoraciones que, incluso de forma inconsciente hacen las personas para tomar sus decisiones. Esto sería imposible de realizar en base a teoría de conjuntos clásica y la lógica bivalente.

El problema que se trata de resolver, la selección de contratista, en base a unas variables que le cualificarán y evaluarán con objeto de seleccionar el mejor para la realización de un proyecto, es un problema que sería inabordable bajo un punto de vista estrictamente matemático, pues muchas de las variables que se utilizan, o se aconseja utilizar, para esta evaluación por parte de numerosos organismos u asociaciones, están basadas en conceptos que el ser humano entiende y es capaz de manejarse con ellas, pero que son, si no imposibles, si difíciles de representar con valores estrictamente numéricos. Sin embargo como se verá la teoría de los conjuntos borrosos y la lógica difusa permite trabajar con esos valores y obtener resultados útiles.

En una primera aproximación las ventajas de «automatizar» el proceso de toma de decisiones serían:

- para decisiones que necesitan ser tomadas en numerosas ocasiones, la automatización aumenta la capacidad de trabajo y reduce costes, pues como es sabido el proceso de evaluación conlleva unos gastos.

- el sistema del proceso de decisión se hace explícito y transparente, pudiendo ser evaluado y optimizado.

- la experiencia de varias personas puede ser utilizada y aunada para trabajar de forma conjunta.

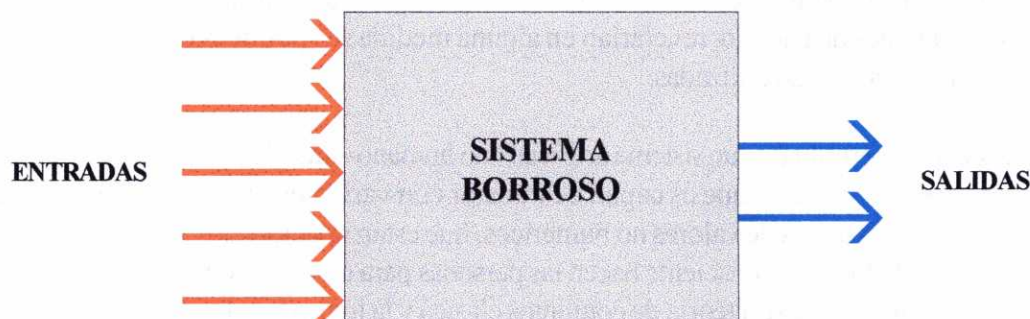
- el comportamiento del sistema será estable una vez configurado y no estará sujeto a cambios en su comportamiento.

- los sistemas son configurables en base a políticas distintas en la toma de decisiones.

Todas las mencionadas anteriormente son aplicables al proceso de selección de contratista en contratación tradicional.

12.1. Estructura general de un sistema borroso.

A continuación se describirá la estructura general de un sistema borroso, entendiendo como tal, en su concepción más general, como una caja negra estimulada por una serie de entradas y que responde de una forma concreta mediante un conjunto de salidas o actuadores, pues en función de ellas se toman ciertas acciones, ya sean de control o de decisión (Zadeh,



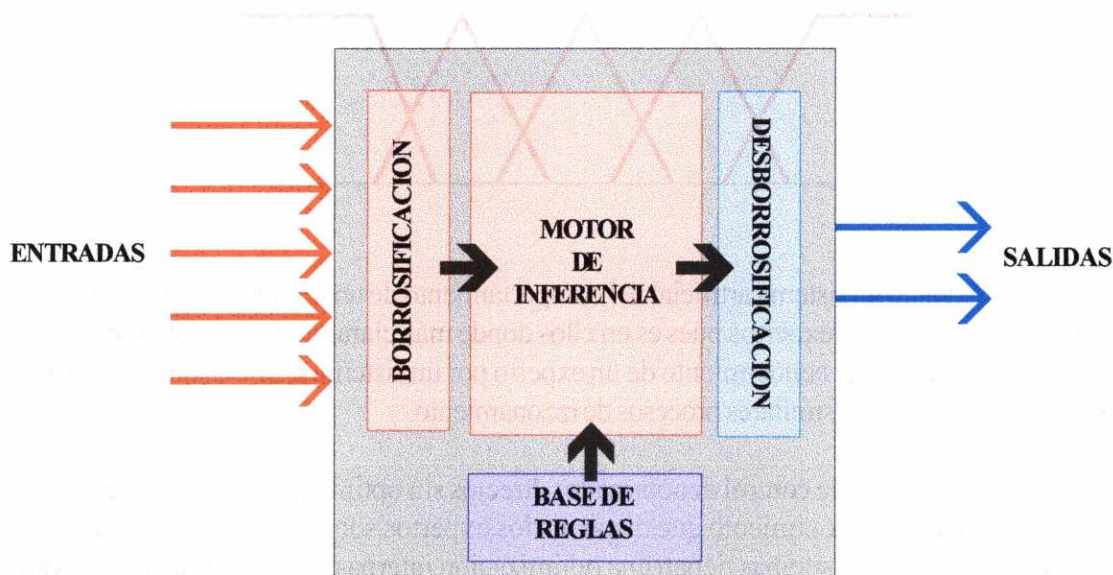
1972, Chang y Zadeh, 1972).

A nivel macroscópico un sistema borroso podría representarse como muestra la figura siguiente:

Este esquema que podría corresponder a un sistema cualquiera de control sin realimentación. Presenta su peculiaridad en el tipo de datos que acepta y genera, y la forma que internamente tiene de procesarlos.

Un sistema borroso en general, es un sistema cuyas variables de entrada y salida toman valores sobre conjuntos borrosos. Para cada variable, los conjuntos borrosos están definidos en un determinado universo de discurso, el cual es generalmente un subconjunto de la recta real. En este caso los conjuntos borrosos son números borrosos, ya sean N.T.D. o con otra forma cualquiera.

Adentrándose en el interior de la caja negra antes mencionada se encontrará una estructura general como la que se indica a continuación:



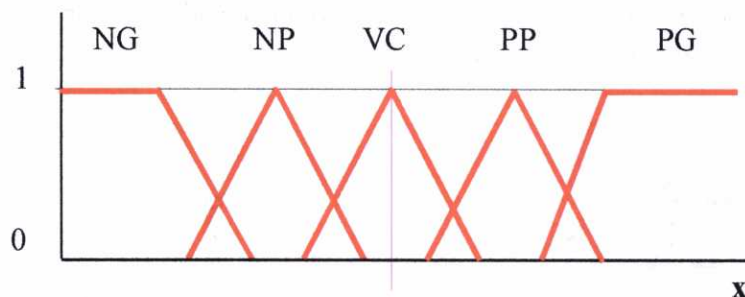
Como se observa en la figura un controlador consta de cuatro módulos, un preprocesador de entradas o borrosificador, una base de reglas que representan el conocimiento de lo que el sistema es capaz de hacer, un motor de inferencia basado el razonamiento aproximado que hace uso de alguno de los mecanismos de razonamiento ya vistos y de la base de reglas, y finalmente un postprocesador o deborrosificador que entrega la salida buscada. En general este esquema podría ser más general incluyendo alguna entrada de realimentación como es habitual en los sistemas de control propiamente dichos. Sin embargo ya que el objetivo de esta tesis es diseñar un sistema experto, en estos sistemas no se incluye ninguna señal de retroalimentación pues la propia naturaleza de las cuestiones a resolver por este tipo de sistemas no la hace necesaria, pues son sistemas en los que el tiempo no juega una variable fundamental.

Como se verá más adelante incluso alguno de estos módulos puede faltar dependiendo de la naturaleza del sistema que se esté diseñando y de los objetivos que se persigan.

Al contrario de lo que ocurre con los controladores tradicionales en el que el procesamiento de las señales y sus posteriores actuaciones está regidas por estrictos programas predeterminados en los que todas las posibles casos que se pueden presentar están definidos y prefijados sus comportamientos, los controladores borrosos son capaces de utilizar el conocimiento de un operador humano y comportarse de forma más flexible. Esto es crucial en problemas de control para los cuales es difícil si no imposible contruir precisos modelos matemáticos. Además y como se verá en la parte final de esta tesis se les puede dotar de cierta capacidad de aprendizaje y adaptación a través del uso de las redes neuronales.

El conocimiento de un experimentado operador puede ser usado como una alternativa a los mecanismos precisos de control. Esta visión del sistema borrosos como sistema para la

Partición genérica borrosa de 5 elementos



simulación mediante un sistema artificial del comportamiento de un ser humano, toma vital importancia en los sistemas expertos pues es en ellos donde más claramente se ve el objetivo que se pretende, «sustituir» el conocimiento de un experto por un sistema artificial que realice la misma función mediante similares procesos de razonamiento.

En estos sistemas de control denominados directos sin optimización externa, las reglas han de obtenerse del conocimiento que disponen los expertos sobre el control del sistema, o bien por ensayos. Estos sistemas tienen una optimización interna que consistirá como se verá más adelante en el ajuste de determinados parámetros de los cuatro bloques que se han descrito. Sin embargo es probable que estos ajustes no consigan que el sistema se comporte de la forma deseada, entonces habrá que recurrir a un rediseño del mismo o a otro tipo de sistemas borrosos conocidos como sistemas de control directos con optimización externa. Estos parten de la estructura de los sistemas borrosos anteriormente descritos, añadiendo elementos que permiten ajustar sus parámetros, pero de forma autónoma.

Los controladores borrosos basados en reglas, conocidos como FLC (Fuzzy Logic Controllers) o también FIS (Fuzzy Inference Systems) son sin duda una de las aplicaciones más extendidas de la lógica borrosa.

A continuación se describen de forma general los distintos elementos y los procesos necesarios para construir un sistema borroso con objeto de establecer los requerimientos mínimos para poder llevar a cabo la implementación del sistema experto que se pretende construir. Cuando se implemente el sistema real se tomarán en consideración una serie de refinamientos en

distintos aspectos del sistema experto con objeto de hacerlo lo más fiable posible. Estas mejoras han de realizarse ya sobre un proyecto concreto y no pueden generalizarse para todos los casos de forma abstracta.

12.2. Definición de variables de entrada.

Como se observa en la figura anterior las variables o parámetros de entrada al sistema son los primeros elementos que entran en juego en un controlador difuso. Las variables de entrada han de definirse de forma clara en universos de discurso definidos. Evidentemente han de ser las variables de las cuales dependan las salidas del sistema y de las que se puedan a priori deducir reglas de comportamiento. Para cada una de ellas se deberá definir el universo de discurso U_i para cada variable X_i . Además con objeto de introducir al sistema valores borrosos de las variables se ha de considerar para cada universo U_i una partición completa del rango en el que cada variable X_i se prevea que pueda tomar valores, entendiendo por completa el hecho de que para cualquier valor concreto x que tome la variable exista algún valor difuso cuya $\mu_{A_i}(x) \neq 0$, en donde A_i es un valor borroso cualquiera de la partición.

Normalmente se recomienda que las particiones sean en número impar y con un solapamiento del 20% al 50%. Se suelen emplear particiones de 3, 5 o 7 elementos cuya complejidad no es excesiva y permiten una precisión suficiente en la descripción de los valores de la variable. Es recomendable definir valores del tipo N.T.D. normalizados como los ya vistos, en torno a puntos singulares de las variables. A estos, además, se le pueden aplicar los modificadores lingüísticos ya propuestos para N.T.D.

Existen una serie de particiones standar muy utilizadas que pueden ser utilizadas en determinados casos y que responden a unas etiquetas universales tales como «negativo grande», «negativo pequeño», «valor central», «positivo pequeño», «positivo grande» y que como se ve pueden hacer referencia a cualquier tipo de variable haciendo una partición de cinco elementos sobre los valores máximo y mínimo que se espere tome la variable. Vease la figura siguiente. Evidentemente la partición puede tomar cualquier otros valores lingüísticos, estas particiones se muestran por ser particiones comodín que podrían encajar en múltiples aplicaciones. La simetría entorno al valor central es opcional y dependerá del caso de que se trate.

La extensión de cada elemento de la partición así como su forma son orientativos y es posible que en el diseño de un caso concreto sean más apropiadas otro tipo de formas para las funciones de pertenencia y los rangos de cada elemento tener distintas extensiones, queda pues a criterio de la persona que diseña el sistema el tomar estas elecciones siempre con el onjetivo final de que el sistema responda de forma adecuada a los requerimientos que se le exigen. Estas orientaciones que aquí se exponen pueden tambien ser utilizadas como primera aproximación, para luego despues de unos ensays previos de comportamiento refinar el sistema con variaciones en todos estos conceptos.

Más adelante cuando se defina el sistema experto objeto de esta tesis, se definirán con precisión y se justificarán aspectos más concretos con respecto a la definición de variables y particiones de las mismas. Lo que si ha de tenerse en cuenta es que las funciones de pertenencia han de ser escogidas atendiendo a una intuición por parte del diseñador del sistema de tal mane-

ra que representen de forma adecuada un hecho real y no bajo un punto de vista estrictamente matemático.

Lo que se ha visto anteriormente funciona bien para variables de entrada numérica, pero en muchos casos las variables que se utilizarán no son de por sí numéricas si no lingüísticas (capacidad de gestión, grado de compromiso, etc.). Existen dos opciones para evaluar este tipo de variables y que incluso amplían el concepto de número aportando situaciones que sería imposible representar con una cifra numérica. Estas variables de por sí están ya borrosificadas y por lo tanto no precisan pasar por el borrosificador del esquema anterior. Esto puede ocurrir con las variables de salida o la decisión final. La primera de ellas es asignar un número en el rango $[0,1]$, que exprese el grado de afinidad con las variables de la partición. La segunda opción es realizar una partición de un único valor en las variables cualitativas en el que se expresa el grado de cumplimiento con el criterio que representa esa variable. En este trabajo se seguirán los dos procedimientos, en función de su adaptación al concepto que se pretenda representar.

12.3. Definición de variables de salida.

Para las variables de salida normalmente se escogen particiones normalizadas a base de N.T.D. para los valores difusos intermedios, al igual que se hizo para las variables de entrada. En el caso de ser salidas cualitativas se puede recurrir al proceso indicado anteriormente con lo que el proceso de desborrosificación no se realizaría. Sin embargo en este caso como el objetivo final es la toma de una decisión hay que realizar la desborrosificación de una manera o de otra, ya sea asignado un valor a la evaluación final y dejar la decisión final en manos de la persona que realiza la evaluación o tomando la decisión directamente. Lo habitual en este tipo de sistemas es optar por la primera opción de asesorar la toma de decisión final.

12.4. Proceso de borrosificación.

En los mecanismos de inferencia borrosa ya vistos se evaluaba el grado de pertenencia de un hecho con el antecedente de una o varias premisas. Como esas premisas estaban basadas en conjuntos borrosos es necesario un proceso de conversión de variables concretas a valores difusos para poder determinar el grado de incertidumbre de cada variable de entrada en cada uno de los valores de la partición. El objeto de la borrosificación, es interpretar la medida de las variables de entrada, cada una de las cuales es un número real, como aproximaciones borrosas reales de los respectivos números.

En el caso en que la variable sea cuantificable numéricamente el proceso de borrosificación será habitualmente el indicado anteriormente y denominado singleton

En determinados casos, sobre todo en el desarrollo práctico de sistemas expertos, a veces las entradas son difíciles de determinar como valores numéricos, estos hechos, referidos al motor de inferencia, se conocen como «soft facts», en contraste con entradas evaluables numéricamente que a su vez se denominan «hard facts». Por ejemplo supongamos que queremos evaluar la capacidad de realización de un pequeño constructor a la hora de conceder el contrato para la ejecución de una obra pública por parte de un ayuntamiento.

Evidentemente hay parámetros que son evaluables numéricamente como puede ser su capacidad financiera, el volumen de negocio de su empresa, el número de obras similares realizadas, etc. Sin embargo, existen otros determinados parámetros que pueden tenerse en cuenta para la determinación de la concesión o no, y que pueden ser, por ejemplo, la imagen pública del gerente o propietario de la constructora, afectada por su militancia en determinado partido político o forma de vida, parámetro decisivo en algunos casos.

Este es un parámetro que difícilmente puede ser evaluado numéricamente pero sí se puede hacer una evaluación de tipo lingüística. En este caso la variable de entrada se dará con unos valores numéricos que indican el grado de aceptación de cada término con el parámetro que se está midiendo, en base a la partición borrosa que de esa variable se haya hecho. En este caso portanto no es necesario realizar el proceso de borrosificación, pues es el propio usuario el que con su interpretación de la realidad lo realiza.

En el caso en que la variable sea cuantificable numéricamente el proceso de borrosificación será habitualmente el indicado anteriormente y denominado «singleton». Cada variable de entrada se introduce en el proceso de inferencia como un hecho. Cuando la variable no es necesario borrosificarla, es empleada directamente ya como un hecho. Este es el caso de muchas de las variables que se utilizan en sistemas de evaluación en donde se trabaja con variables de entrada no rigurosamente numérica.

12.5. Creación de la base de reglas.

Las reglas de un sistema de lógica borrosa representan el conocimiento del sistema. Están basadas en el uso de variables lingüísticas como el vocabulario para expresar la estrategia de control o un dominio de conocimiento. Estas variables se utilizarán en los antecedentes y consecuentes de estas reglas.

La generación de la base de reglas es sin duda la parte más importante en el desarrollo de un sistema experto pues es en donde reside el conocimiento necesario para controlar un proceso o tomar una decisión. La base de reglas puede obtenerse fundamentalmente por dos procedimientos, el primero es consultar explícitamente a un experto el conjunto de comportamientos que establezcan un bloque de unidades de razonamiento, en el que puedan confluir prácticamente todos los casos que se puedan presentar. Otro método consistirá en la utilización de datos empíricos obtenidos en base a experiencias previas. Este segundo método permitirá modelizar reglas mediante agrupamiento de patrones utilizando redes neuronales. Más adelante se entrará en detalle sobre esta cuestión cuando se establezcan las reglas para el sistema concreto.

En un controlador borroso el comportamiento de un sistema se puede representar por un conjunto de reglas en forma lingüística que representan el conocimiento de como se desea que se comporte el sistema. El conocimiento experto se verá representado en su forma más general con expresiones del tipo:

SI (conjunto de condiciones) **ENTONCES** (conjunto de consecuencias que se deducen)

En general es preferible que las reglas tengan la estructura normalizada indicada en los mecanismos de inferencia borrosa:

R_1 SI A y B ENTONCES C

En el caso de un sistema experto o controlador borroso una regla de control puede entenderse como una proposición en la que el antecedente es una condición en el dominio de la aplicación y el consecuente es una acción de control o decisión, para el sistema que se está controlando.

Las reglas del tipo R_1 SI A o B ENTONCES C se convertirán en dos reglas del tipo simple

R_1 SI A ENTONCES C

R_2 SI B ENTONCES C

En este tipo de reglas los antecedentes serán del tipo x_i es A_i .

Los seres humanos toman decisiones también basados en regla. Aunque inconscientemente se hace uso de proposiciones similares a las que se han indicado. Si hace buen tiempo decidimos ir a dar un paseo. Las reglas asocian ideas y relacionan unos eventos con otros.

Los controladores borrosos tienden a imitar este comportamiento trabajando de la misma forma. Sin embargo, las decisiones y los sentidos de las mismas son reemplazados por conjunto borrosos y las reglas son sustituidas por reglas borrosas.

Ya se ha mencionado que sería muy difícil si no imposible modelar matemáticamente, si no imposible, algunos fenómenos o situaciones reales y relacionarlos con una serie de variables de entrada y salida, mediante una función matemática conocida. Si esto fuera posible estos sistemas no tendría sentido.

Sería absurdo tratar de modelar un sistema que relacionara la aceleración que adquiere una masa cuando es solicitada con una fuerza F, pues esa relación es conocida mediante la segunda ley de Newton.

Cuando esa relación no es conocida en problemas la base de reglas representan segmentos de conocimiento que van cubriendo de forma más o menos precisa la relación entre variables de forma que se obtiene un recubrimiento final de la función que se pretendía buscar. Estos segmentos de conocimiento es lo que denomina Kosko (1997) como «patches». Cuanto más precisos sean estos parches más precisión se obtendrá el sistema. Una precisión limitada pues en un ambiente de incertidumbre en donde se mueven estos mecanismos nunca se podrá llegar a una solución considerada exacta. Esto entraría en contradicción total con las premisas de las que se parte.

Es claro que se necesitarán más reglas normalizadas para representar una cierto contexto de una situación real que en el caso de hacer uso de reglas no normalizadas. a pesar de todo es preferible el uso de reglas normalizadas, debido a su fácil comprensión y son fáciles de seguir en un caso de optimización de la base de reglas, para poder detectar posibles errores.

El número de variables de entrada será mayor que dos, sin embargo se tratará preferiblemente de agrupar las variables de dos en dos en las combinaciones necesarias para establecer la base de conocimiento, pero siempre en la forma canónica indicada anteriormente (FAM). Si fuese necesario se puede recurrir al modelo de Sugeno generalizado creando reglas del tipo:

$$R_i \quad \text{SI } x_1 \text{ es } A_i \text{ e } \dots \text{ e } x_n \text{ es } B_i \text{ ENTONCES } z_i = f(x)$$

siendo x el vector de entradas $x = (x_1, \dots, x_p, \dots, x_n)$.

Las reglas del mecanismo de Sugeno simplifican los cálculos, pero en general no resultan adecuadas para expresar el conocimiento de los expertos en forma de etiquetas lingüísticas. En el caso de tener un conocimiento intuitivo de las acciones de control, será más conveniente utilizar las reglas del mecanismo de Mamdani. No ha de olvidarse que uno de los problemas fundamentales para la construcción de un sistema experto es realizar la captación de forma simple de los conocimientos del experto.

El desarrollo de sistemas expertos normalmente se pueden resolver asociando variables de entrada de dos en dos, y es precisamente en el diseño apropiado de la elección y agrupamiento de variables en donde reside el éxito de un sistema experto. La labor de la persona que realiza el sistema es analizar el problema que trata de modelizar para poder realizarlo siempre de la forma más sencilla posible.

Hay que tener presente que la simplicidad, siempre y cuando se consigan los resultados deseados, es un objetivo primordial, debido a los requerimientos de cálculo que requieren este tipo de controladores. Aunque hoy en día se dispone de microprocesadores con gran capacidad de cálculo, a veces los sistemas especialmente complejos pueden llegar a colapsar el sistema o a entrar en ciclos y oscilaciones que no conducen a ninguna solución concreta. Además llegado el caso, es muy difícil para el diseñador encontrar en donde está el elemento causante del problema.

Los antecedentes y consecuentes de cada regla normalmente tendrán la forma $x \text{ es } A_i$, en donde x es la variable de entrada y A_i es un conjunto borroso perteneciente a la partición de la variable de entrada en su universo correspondiente, que a su vez representará un posible estado lingüístico de la variable.

Tal como se ha visto, el número de matrices en forma canónica, si el número de entradas y salidas fueran respectivamente n y m , sería

$$\text{nº de matrices} = \binom{n}{2} * m = \frac{n!}{2!(n-2)!} * m$$

Si además cada variable de entrada tiene a su vez n_{xi} posibles valores en su partición borrosa el número máximo de reglas que se pueden definir sería

$$\text{nº máximo de reglas} = \sum_{i=1}^n \sum_{j \neq i}^n n_{xi} * n_{xj}$$

Como se observa fácilmente el número de reglas crece de forma rápida para incluso

pequeños sistemas con pocas variables de entrada y salida. Por ejemplo, para un sistema de cinco variables de entrada y dos de salida, con cada una de las de entrada con cinco posibles estados borrosos, el número máximo de reglas sería $n^\circ \text{ máximo de reglas} = \sum_{i=1}^2 (n_{x1} * n_{x2}, n_{x1} * n_{x3}, n_{x1} * n_{x4}, n_{x1} * n_{x5}, n_{x2} * n_{x3}, n_{x2} * n_{x4}, n_{x2} * n_{x5}, n_{x3} * n_{x4}, n_{x3} * n_{x5}, n_{x4} * n_{x5}) = 500$.

En la práctica no será necesario semejante número de reglas, y por lo general un subconjunto de ellas será suficiente para obtener unas prestaciones aceptables del sistema.

Es labor del que está diseñando el sistema hacer un recorte selectivo de las reglas que no tiene especial interés y que no aportan utilidad, ya sea por que representan casos que no suceden normalmente o por ser inconsistentes en sí mismos.

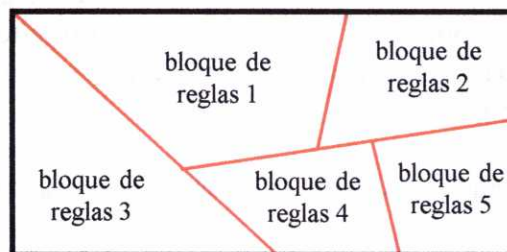
Si una cierta variable de salida no depende de una variable de entrada se definirá una regla una regla en donde esta variable de entrada no esté incluida.

Una vez que el sistema responda adecuadamente se pueden eliminar las reglas que sean innecesarias ya sea por redundantes o reglas que no se activan nunca.

Las reglas redundantes son reglas que no aportan nada nuevo al sistema y entre ellas se encuentran las reglas que están contenidas unas en otras. Las reglas que no se activan nunca, son reglas en las que la parte de antecedentes describen situaciones como combinaciones de variables de entrada que nunca ocurren. Estas reglas son difíciles de detectar ya que la ocurrencia de las distintas situaciones depende del sistema que se está tratando.

Cuando el número de reglas es grande se deberá comenzar con una base de reglas elemental que cubra un rango grande del espacio de control. Es siguientes pasos se refinará el sistema añadiendo reglas que mejoren y completen la respuesta del sistema. Es conveniente agrupar las reglas en bloques de que realicen una partición del espacio total de conocimiento.

Conocimiento Experto



En algunos casos en que algunas reglas entren en conflicto produciendo salidas en cierto modo contradictorias se puede seleccionar una de ellas como mejor mediante el método propuesto por Klir (1995) basado en datos experimentales. Para poder llevar a cabo este proceso se necesitan un conjunto de entradas y salidas conocidas que activen las reglas en conflicto, $\{x_k, y_k, z_k\}$. Para cada regla se determinará $\min\{\max(\mu A(x_k)), \max(\mu B(y_k)), \max(\mu C(z_k))\}$, denominándose este valor «grado de relevancia» de la regla. Realizando esta operación para las reglas en conflicto se seleccionará la regla con mayor «grado de relevancia» y se descartarán las demás».

Es de notar que el número de elementos de las particiones de las variables de salida no influyen en el número de reglas. Este hecho refleja claramente la diferencia entre antecedentes y consecuentes y su similitud respectiva entre variables dependientes e independientes.

Durante el proceso de desarrollo del controlador se concibió un concepto que se ha denominado «macroregla». Esta no es más que una regla que es sí engloba otras reglas y que contrariamente a lo que pudiera pensarse en un principio, presenta un conjunto de antecedentes mínimo. Cuanto menos antecedentes tenga más fuerte será y más espacio de conocimiento abarcará. Sobre este concepto se ha llegado a las siguientes conclusiones referentes a las características que deben regir la creación de las macroreglas como ayuda a la creación de la base de conocimiento.

- Las macroreglas de que evalúan sobre la parte izquierda de la partición deben ser más fuertes que las macroreglas que dan como conclusión valores en la zona derecha. todo esto para variables directas.

- Las macroreglas que evalúan sobre la parte izquierda de la partición suelen ser iguales para todo tipo de políticas. Las macroreglas que dan como conclusión valores en la zona derecha no tiene por que ser iguales para todas las políticas.

- A la hora de construir macroreglas el hecho de dudar por parte del experto o expertos, puede orientar sobre la no existencia de la macroregla.

12.6. Motor de inferencia borrosa.

Una vez definidas las reglas que representan las acciones de control deseadas es necesario establecer como en base a esas reglas generales se pueden establecer conclusiones o acciones de control. Es precisamente en este momento en donde la logica borrosa entra en juego de forma primordial. Tal como ya se ha visto, los mecanismos de inferencia borrosa, son los elementos de inferencia elementales de los que se dispone para extraer conclusiones en base a unas premisas. La estructura de reglas y de antecedentes que se ha expuesto anteriormente tiene por objeto el poder usar los mecanismos de inferencia borrosa antes mencionados.

El problema de inferencia borrosa es pues un problema de razonamiento bajo condiciones de incertidumbre. que ya ha sido resuelto por varios autores, como ya se ha mencionado. Sin embargo cuando se realizan aplicaciones reales habrá que realizar ciertas modificaciones de los sistemas de inferencia básicos, con objeto de obtener los resultados propuestos. No hay que olvidar que en la teoría general de la lógica difusa se presentan varias opciones para la resolución de problemas, como parece evidente dada la naturaleza propia de la disciplina. Este hecho permite una flexibilidad de los sistemas con objeto de relizar la adaptación antes mencionada. El objetivo final ha de tenerse siempre presente, y este no es otro que, el sistema responda de forma real, de nada serviría construir un sistema experto, matemáticamente perfecto, pero que respondiera de forma no deseada a los requerimientos que se le presentan.

Esta flexibilidad a la hora de definir las operaciones básicas de la logica, complemento mínimo, máximo en base a complementos borrosos, t-normas y t-comnormas, permite una amplia gama de opciones con las que se puede adaptar el sistema para que realice de forma

correcta la tarea para la que se ha diseñado. Esto no sucede con los principios y las reglas de inferencia de la lógica tradicional monoevaluada que se comportan de forma estricta e inflexible y que no serían útiles como herramientas para componer un sistema experto, pues producirían modelos excesivamente rígidos que no son acordes con las actitudes humanas que se pretenden modelar, ni con los hechos que se evalúan al no ser estos modelables como biestables.

A la vista de estos hechos las variables de entrada previamente adaptadas al sistema propuesto deben ser apropiadamente combinadas con la base de reglas para realizar inferencias con objeto de obtener valores de salida o conclusiones, decisiones... es decir en general acciones de control. Este es el papel del motor de inferencia.

Tal como se ha visto anteriormente los valores de entrada al sistema, borrosificados o no previamente, son introducidos en el mecanismo que se considere más apropiado para la aplicación concreta. Para cada entrada se evalúa su grado de compatibilidad con las premisas a través de la matriz que se induce de las implicaciones de las premisas. Posteriormente se realizarán dos agregaciones, una para las evaluaciones dentro de cada regla a través de una t-norma o intersección borrosa que se escoja, y otra agregación para las de las distintas reglas con objeto de obtener una conclusión, y esta vez a través de una t-comnorma o unión borrosa. Para los motores ya vistos la t-norma escogida es el mínimo y la t-comnorma es el máximo, sin embargo más adelante se verá que estas soluciones propuestas presentan inconvenientes en algunos casos de aplicaciones reales, sobre todo en sistemas expertos por lo que será necesario recurrir a agregaciones parametrizadas de otro tipo que permitan adaptar su funcionamiento con el objetivo ya muchas veces mencionado de crear un sistema realmente útil.

Existen numerosos sustitutos para el mínimo y el máximo que han sido propuestos por numerosos autores, Schweizer-Sklar, Yager, Frank, Dubois-Prade, etc. todos ellos basados en generadores incrementales propuestos por You Zhaoyong (1995).

Habrá que esperar a definir el sistema y ver como responde para optar por alguno de ellos. Estos modelos están todos parametrizados y una vez que se escoge el modelo que mejor se comporte será necesario adaptar este parámetro como medida de refinamiento para llegar a la solución práctica final. En el capítulo siguiente en donde se describe el controlador, se indica el operador utilizado en la aplicación práctica.

12.7. Desborrosificación.

La salida que se obtiene después de los pasos anteriormente expuestos es un conjunto borroso, proveniente de una agregación basada en la t-comnorma que se haya elegido. Representa una gama de posibilidades de la acción de control. A veces la simple observación de este conjunto borroso puede ayudar a tomar una decisión, aunque normalmente se querrá obtener una salida discreta de la variable que indique una acción concreta. Si por ejemplo se está decidiendo sobre el hecho de ofertar o no en un determinado concurso la respuesta evidentemente ha de ser concreta, o se oferta o no se oferta. La desborrosificación es el proceso mediante el cual se selecciona un elemento representativo de la salida borrosa que ha sido inferida a través del algoritmo de control.

En este último paso en el diseño del proceso, se debe seleccionar un método de

desborrosificación. Este proceso persigue convertir cada conclusión del motor de inferencia, que está expresada en términos de un conjunto borroso, en un número real concreto, es decir, trasladar un resultado lingüístico en un valor numérico. Aunque no exactamente se podría suponer la operación inversa a la borrosificación, aunque con unas conotaciones especiales que habrá que tener en cuenta. La mayoría de los sistemas requerirán este proceso pues la salida que se busca es más bien numérica que lingüística, aunque en algunos casos la salida puede darse como un conjunto borroso y ser el usuario final el que tome la decisión en función de los datos obtenidos.

Existen varios métodos para realizar esta labor. Mizumoto (1994) ha comparado cerca de treinta métodos de desborrosificación. La elección del método que permite obtener este número, que define la acción de control o la decisión a tomar, no es arbitraria. Debe de alguna manera reflejar los antecedentes de donde proviene la conclusión e interpretar las consecuencias que se derivan del valor obtenido. En el caso de los sistemas expertos esta interpretación juega un papel fundamental y debe de ser cuidadosamente elegida, pues al contrario que en los procesos de control puro, en donde la salida numérica representa el valor de una variable matemática sin ningún otro sentido que el de la propia acción de control, en el caso de los sistemas expertos una borrosificación matemáticamente correcta, puede acarrear resultados indeseables.

Es necesario recalcar aquí que los distintos métodos no son ni mejores ni peores, ni ninguno es matemáticamente más correcto que otro, al igual que con los mecanismos de inferencia son distintas opciones que deben ser escogidas con el fin de que el sistema responda adecuadamente. Los métodos principales de desborrosificación que existen son los siguientes:

- Centro de área:

Este método es a veces denominado método del centro de gravedad o método del centroide. El valor discreto se obtiene calculando el valor de la variable de salida que divide el área del conjunto borroso salida resultante de las agregaciones de todas las reglas, en dos partes iguales. En el caso en que la función de pertenencia de este conjunto final sea continua la expresión sería.

$$Z_0 = \int z * \mu(z) dz / \int \mu(z) dz$$

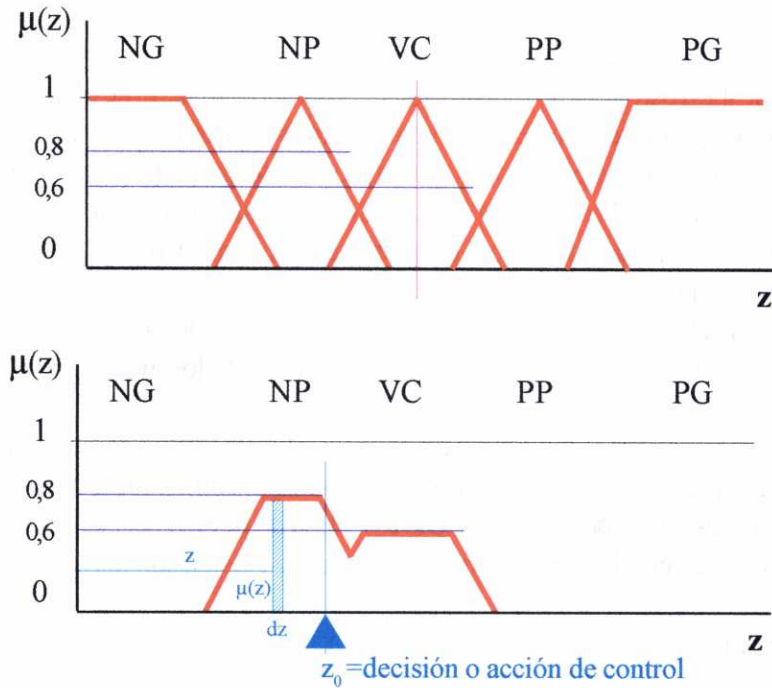
Para el caso discreto la expresión se convertiría en

$$Z_0 = \sum z * \mu(z) / \sum \mu(z)$$

En el caso de que esta última fórmula no dé como resultado un valor en el universo de discurso de la variable de salida se considerará el valor más próximo.

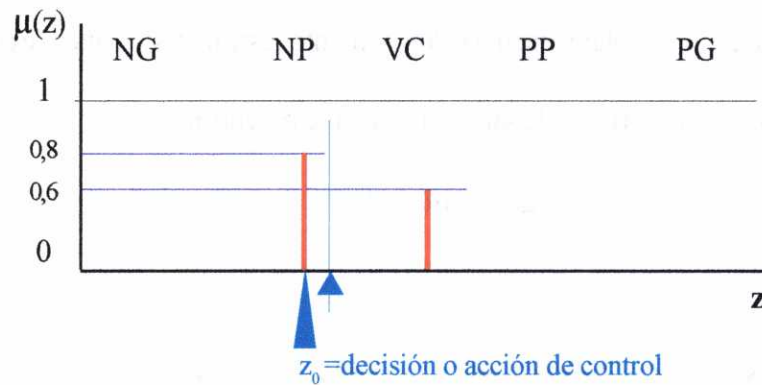
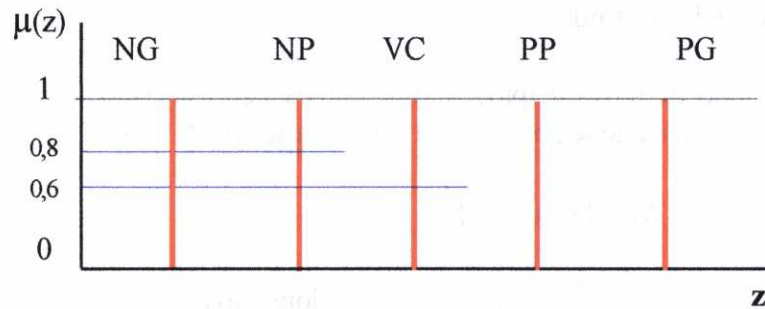
Como se puede observar este método en el caso discreto los valores $\mu(z) / \sum \mu(z)$ pueden interpretarse como una distribución de probabilidad, por lo que el valor Z_0 , podría interpretarse como el valor más esperado para la variable Z . Más adelante se expondrán las ventajas e inconvenientes de este método y las situaciones en que será más apropiado usarlo.

A continuación se muestra una representación del método, en el caso de que se activen unas reglas que afecten a los conjuntos de salida NP y VC truncándolos por los grados de pertenencia 0,6 y 0,8 respectivamente:



El triángulo representa el punto de equilibrio del conjunto borroso de salida, este equilibrio físico del área que representa al conjunto borroso tiene un significado que se puede extrapolar en el sentido que la solución que se adopta, es un equilibrio de todas las posibles opciones que vienen representadas por el conjunto borroso. Es decir la decisión trata de tener en cuenta toda la gama de posibilidades y alcanzar un consenso o equilibrio de todas ellas. Esta solución que en principio parece la más apropiada se verá que en muchos casos no es una buena solución pues en determinados casos una solución comprometida con todas las posibles opciones es inviable.

En la figura siguiente se indica la acción de control para el caso de una variable de salida discreta, en donde se observa que el valor que se adopta como salida es el más próximo al valor obtenido por el proceso de borrosificación.



- Centro de máximos:

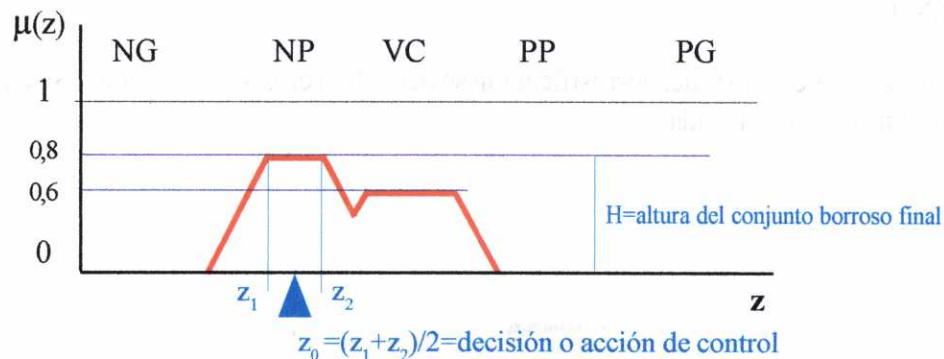
El valor de control en este caso se determina calculando la media entre los extremos superior e inferior de los valores de la variable de salida que tienen como valor de su función de pertenencia la altura del conjunto borroso final. Es decir, si el conjunto borroso final tiene como valor máximo de su función de pertenencia el valor H , entonces si:

$$M = \{z / \mu(z) = H\}$$

$$Z_0 = (\text{mínimo } M + \text{máximo } M) / 2$$

En el caso anterior, se obtendría:

$$M = \{z_1, z_2\} \text{ y entonces } Z_0 = (z_1 + z_2) / 2$$



- Media de máximos:

En este método, que en principio se define sólo para el caso en que la partición de salida sea discreta, el valor final que se obtiene para extraer la acción de control es:

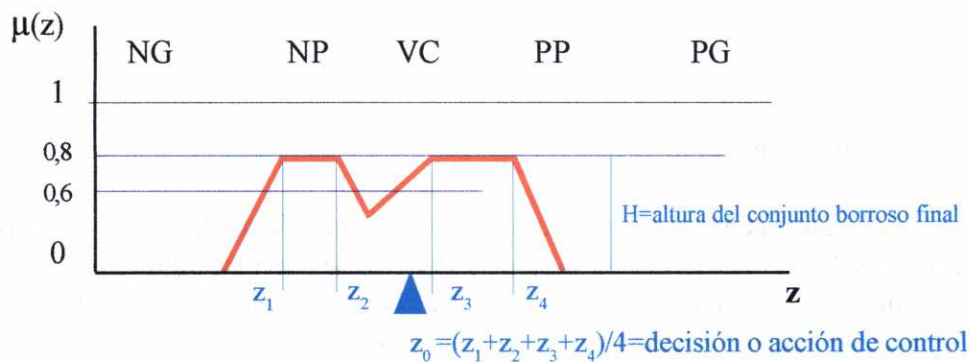
$$M = \{z / \mu(z) = H\}$$

$$Z_0 = \sum z_k / \text{card}(M) \quad \text{en donde los } z_k \in M$$

Evidentemente, si M solamente tiene dos elementos este método coincide con el anterior.

Para el caso de una variable de salida continua se obtendría

$$Z_0 = \int z * dz / \int \mu(z) dz$$



Existen otros muchos procedimientos para realizar la tarea de desborrosificación, todos tienen sus ventajas e inconvenientes, y dependerá de la aplicación en cuestión. Más adelante se estudiarán con detalle las distintas alternativas, sus ventajas e inconvenientes y se optará por un proceso que mejor convenga al sistema que se va a diseñar.

Estos métodos expuestos son los clásicos en el diseño de controladores borrosos y que se han usado con profusión en múltiples aplicaciones. Sin embargo para el caso que nos ocupa y dada su naturaleza específica se han diseñado dos procedimientos de desborrosificación, que aunque responden al esquema general, se han adaptado al proceso que se está tratando de una forma especial.

Estos dos procesos de desborrosificación se describen en el capítulo donde se explica la aplicación informática realizada.

13. UNIVERSALIDAD DE LOS CONTROLADORES BORROSOS.

Llegado este punto, en el que se han presentado las bases teóricas del funcionamiento de un controlador borroso sería interesante exponer un resultado que afianza aún más si cabe la importancia de estos mecanismos de inferencia tal como se han expuesto. No ha de olvidarse que este tipo de sistemas surge como necesidad de modelar relaciones entre variables de entrada y salida que debido a su número, su complejidad, su alto nivel de interrelacionalidad, etc., son difícilmente modelables en base a modelos matemáticos clásicos basados en funciones multivariantes parametrizadas.

Cabe pues preguntarse hasta que punto estos sistemas borrosos pueden resolver tales relaciones, es decir, si dado un fenómeno del tipo que sea en el que una serie de variables se relacionan dando lugar a un comportamiento, se puede encontrar un sistema experto o controlador difuso que modele esas relaciones.

La respuesta a esta pregunta a sido ya dada a través de los estudios teóricos realizados por Wang (1993) y Castro (1994).

Usando el torema de Stone-Weierstrass, Wang ha probado que un sistema de control basado en:

- 1.- Reglas del tipo R_i : si x es A y Y es B entonces Z es C ,
- 2.- Funciones de pertenencia gaussianas para antecedentes y consecuentes del tipo $\mu_A(x) = e^{-1/2((x-b)/a)^2}$, $\mu_B(x) = e^{-1/2((x-b)/a)^2}$, $\mu_C(x) = e^{-1/2((x-b)/a)^2}$.
- 3.- Borrosificadores singleton para las variables de entrada.
- 4.- Implicación de Larsen.
- 5.- Desborrosificación por centro de gravedad.

es un aproximador universal, es decir, puede aproximar cualquier función continua con un grado de exactitud predeterminado.

Formalmente esto quiere decir que dada una función cualquiera G continua y definida sobre números reales y dado un valor de error arbitrario ϵ , existe un sistema de control borroso representado por una función F de tal manera que máximo de $|G-F| < \epsilon$.

Además Castro ha probado que los controladores basados en el mecanismo de Mamdani con las condiciones siguientes:

- 1.- Reglas del tipo R_i : si x es A y Y es B entonces Z es C ,
- 2.- Funciones de pertenencia simétricas y basadas en N.T.D.
- 3.- Borrosificadores singleton para las variables de entrada.
- 4.- Conjunción por la t-norma del mínimo.
- 4.- Implicación por el mínimo.
- 5.- Agregación por la t-comnorma del máximo.

5.- Desborrosificación por centro de gravedad.

también son aproximadores universales.

Estos dos hechos fundamentan de forma clara y contundente la aplicación de estos sistemas a aplicaciones de cualquier tipo pues su universalidad, garantiza un comportamiento correcto y estable, siempre y cuando haya sido diseñado apropiadamente.

Es por ello que esta tecnología ofrece una solución viable para modelar un problema multivariable como el que se pretende resolver aquí, que de otra forma sería inabordable a través de otras técnicas.

14. UN EJEMPLO PRACTICO ILUSTRATIVO.

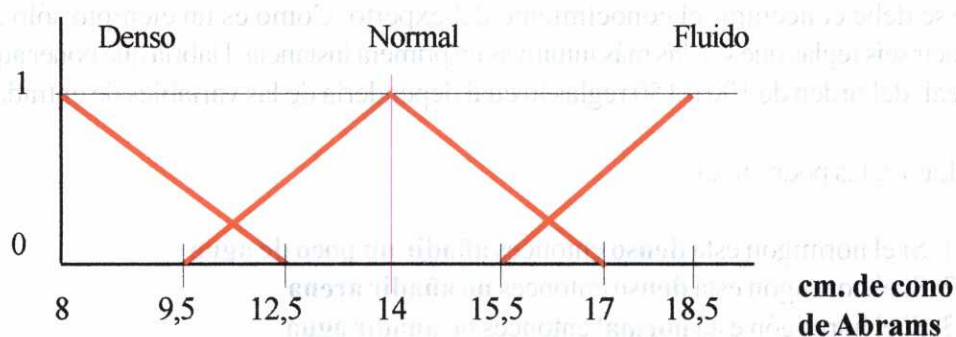
Supongamos que queremos diseñar un controlador en una planta de hormigonado que sea capaz de conseguir una mezcla de hormigón en unas condiciones apropiadas de para hormigonar, por ejemplo, piezas prefabricadas.

Por simplicidad vamos a tomar como variable de entrada la longitud del cono de Abrams para determinar la fluidez del hormigón.

Lo primero que tenemos que hacer pues es definir el universo de discurso de la variable de entrada y una partición completa para ese universo.

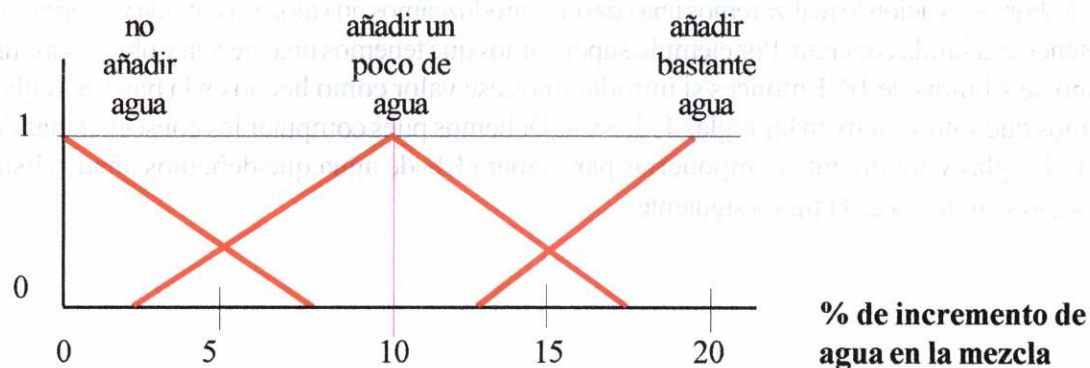
Vamos a definir tres variables lingüísticas que abarquen el intervalo de 8 a 20 cm. de longitudes que se pueden obtener al medir el cono de Abrams y que tendrán las etiquetas Duro, Normal y Blando. Según esto la representación gráfica sería la siguiente:

Variable de entrada. Partición genérica borrosa de 3 elementos.

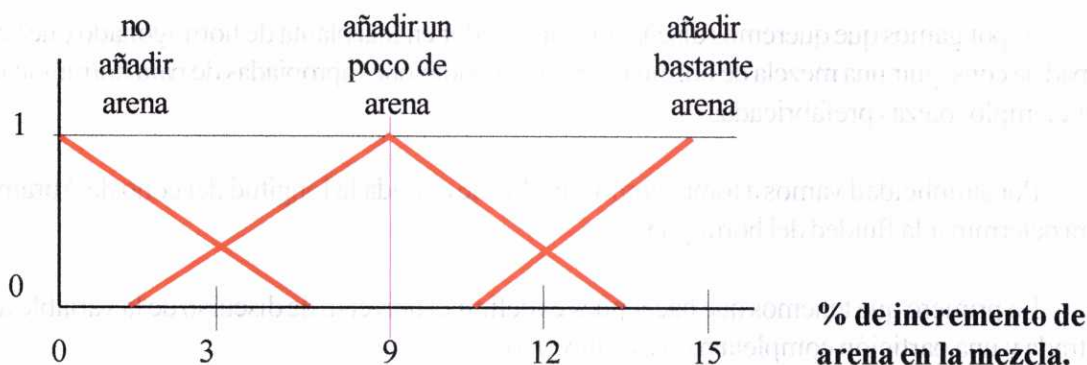


A continuación debemos establecer lo mismo para las variables de salida, por simplicidad vamos a tomar dos variables de salida que hará referencia a una acción a tomar, que en este caso será la adición de agua o de arena, con el fin de modificar la consistencia del hormigón.

Variable de salida. Partición genérica borrosa de 2 elementos.



Variable de salida. Partición genérica borrosa de 2 elementos.



Por simplicidad he puesto una partición similar. Los rangos de valores los he puesto a ojo. Habría que ver el efecto de la arena sobre la consistencia del hormigón, etc..

Una vez que se tienen los valores de las entradas y salidas se debe definir la base de reglas. Aquí es donde está una de las claves del buen funcionamiento del sistema, en este paso es donde se debe concentrar el conocimiento del experto. Como es un ejemplo sólo se van a introducir seis reglas que son las más intuitivas en primera instancia. Habría que poner aquí en un caso real, del orden de 100 a 150 reglas lo cual dependería de las variables de entrada.

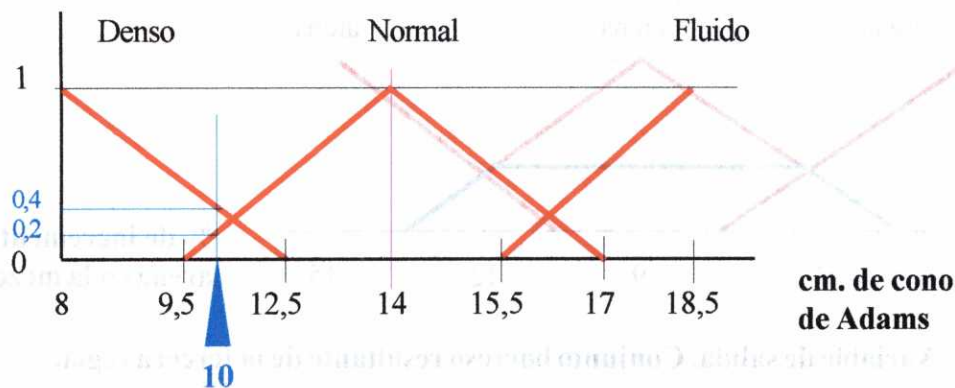
Las reglas podrían ser:

- 1: Si el hormigón está **denso** entonces **añadir un poco de agua**
- 2: Si el hormigón está **denso** entonces **no añadir arena**
- 3: Si el hormigón está **normal** entonces **no añadir agua**
- 4: Si el hormigón está **normal** entonces **no añadir arena**
- 5: Si el hormigón está **fluido** entonces **no añadir agua**
- 6: Si el hormigón está **fluido** entonces **añadir un poco de arena**

Como es un caso tan sencillo las reglas son evidentes, pero en otros casos ya no y será el experto, basado en su conocimiento el que establezca los patrones a seguir, los cuales a veces no son tan evidentes.

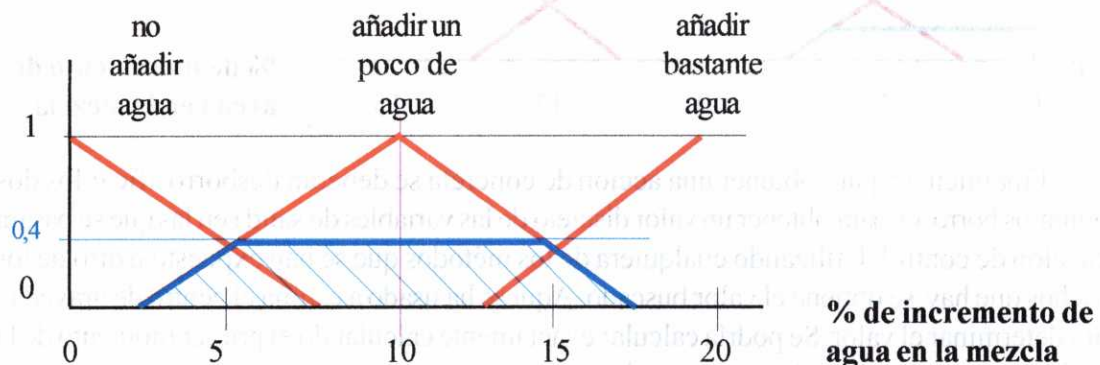
Bien, una vez establecida la base de reglas se puede realizar alguna inferencia. El proceso de desborrosificación lo realizaremos una vez que introduzcamos un valor a la entrada y querremos obtener una salida concreta. Por ejemplo supongamos que tenemos una mezcla y obtenemos un cono de Abrams de 10. Entonces si introducimos ese valor como hecho en la base de reglas vemos que sólo se activan las reglas 1, 2, 3 y 4. Debemos pues computar las consecuencias de esas 4 reglas y finalmente componerlas para saber el % de agua que debemos añadir. Este proceso se muestra en la figura siguiente.

Para la primera y segunda regla el grado de cumplimiento es de 0,4 y para la tercera y cuarta regla es de 0,2. La quinta y sexta regla no se activan en este caso.

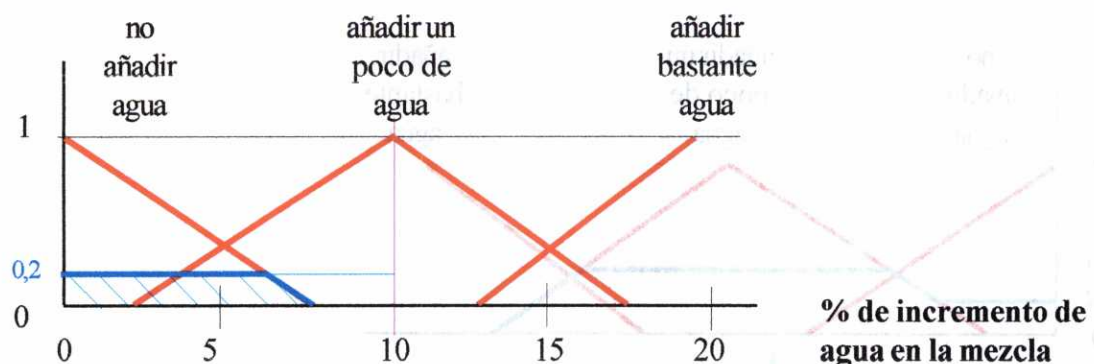


Por lo tanto utilizando la todo lo ya expuesto de la inferencia borrosa se obtiene para la primera variables de salida los siguientes conjuntos borrosos, utilizando la primera y tercera reglas.

Variable de salida. Conjunto borroso resultante de la primera regla.

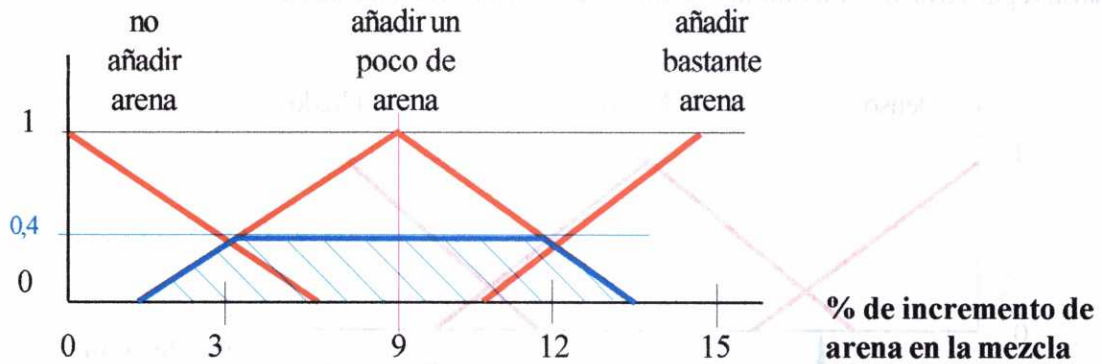


Variable de salida. Conjunto borroso resultante de la tercera regla.

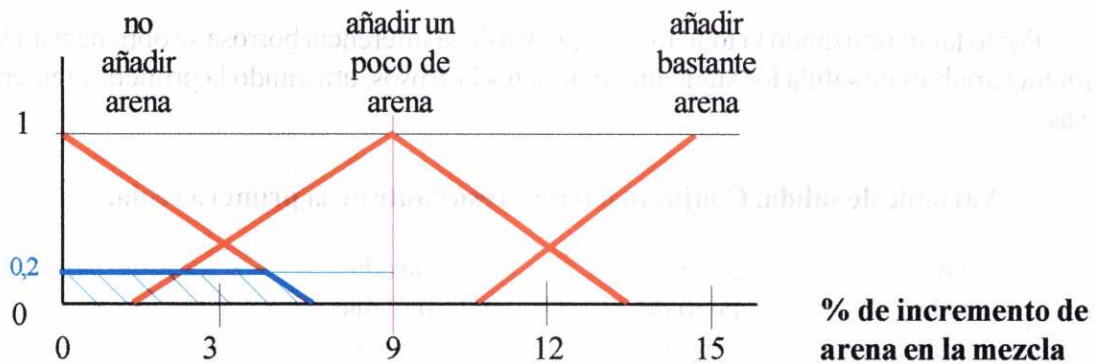


Para la segunda variables de salida los siguientes conjuntos borrosos se obtienen aplicando la segunda y cuarta reglas.

Variable de salida. Conjunto borroso resultante de la primera regla.

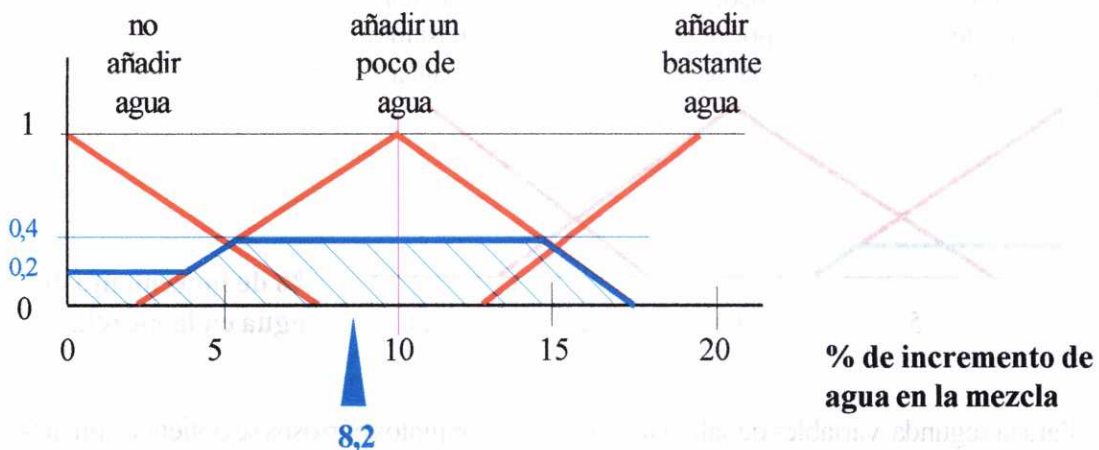


Variable de salida. Conjunto borroso resultante de la tercera regla.

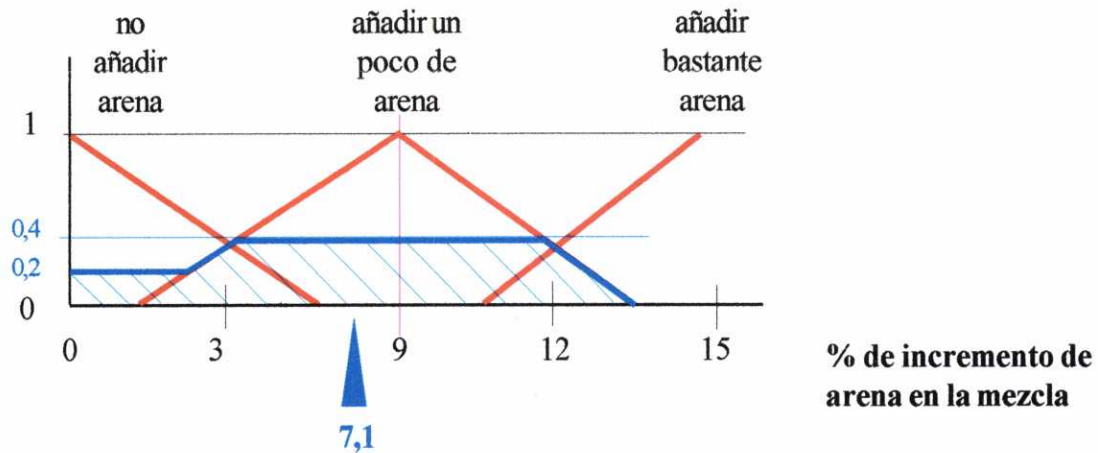


Finalmente y para obtener una acción de concreta se deberán desborrosificar los dos conjuntos borrosos para obtener un valor discreto de las variables de salida en las que se basará la acción de control. Utilizando cualquiera de los métodos que se han expuesto u otro de los muchos que hay, se obtiene el valor buscado. Aquí se ha usado a estima el centro de gravedad para determinar el valor. Se podría calcular exactamente calculando el primer momento de la sección, pero a efectos cualitativos no vale la pena.

Entonces resultaría para la primera variable



Se obtiene finalmente un valor de 8,2 como incremento en el % de agua de la mezcla. Para la otra variable de salida el proceso es similar y se obtendría un valor de 7,1.



Los valores numéricos de este ejemplo no deben ser tenidos en cuenta, pues lo único que se pretende es mostrar el mecanismo de funcionamiento elemental de un controlador. El controlador que se pretende diseñar es más complejo, aunque comparte las características generales del procesamiento de las variables de entrada que se muestran en este sencillo caso.

CAPÍTULO 4.

UNA APLICACIÓN DE LA TECNICA DEL CONTROL BORROSO EN LA TOMA DE DECISION PARA LA SELECCIÓN DE CONTRATISTAS.

Contenido:

1. El proceso de diseño y sus fases.
2. Las variables escogidas. Tipos de variables.
3. Morfología de las variables.
4. Las variables de entrada al sistema.
5. Las variables de abstracción. Capas intermedias.
 - 5.1. Variables de la primera capa.
 - 5.2. Variables de la segunda capa.
 - 5.3. La variable de evaluación final.
6. La base de conocimiento experto.
 - 6.1. La construcción de la base de reglas.
 - 6.2. El método de agregación de la parte SI ... Y ... Y ...
 - 6.3. La agregación de reglas.
7. Las políticas de decisión.
8. El flujo de datos.
9. Un método sistemático para la creación de una base de reglas.
10. La solución final.
11. Los bloques de reglas.

CAPÍTULO 4.

UNA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA DEL CONTROL BORROSO EN LA TOMA DE DECISION PARA LA SELECCIÓN DE CONTRATISTAS.

1. EL PROCESO DE DISEÑO Y SUS FASES.

El proceso que se ha seguido para el desarrollo del controlador se compone de cuatro fases características en la confección de un sistema borroso. La primera corresponde al análisis del problema que se pretende resolver, en este caso la selección de contratista por parte de la propiedad para tratar de escoger de entre los posibles ofertantes el que mejor asegure los intereses de la propiedad.

El objetivo final será el asesoramiento a la decisión definitiva a través de uno de los dos procedimientos posibles, la determinación de un valor numérico entre 0 y 100 que se asignará a una variable denominada evaluación de la selección, o la determinación de los grados de pertenencia a la partición de la misma variable lingüística, la evaluación final.

A esta etapa final se corresponde el proceso de desborrosificación que anteriormente se ha expuesto y dada la naturaleza de la salida del sistema se ha optado por dos procedimientos que se expondrán más adelante.

La segunda fase, es el diseño gráfico del controlador. En esta fase a través de la definición de variables, tanto de entrada como intermedias de abstracción, se incluye la propia definición de las mismas y sus particiones borrosas acompañadas de sus etiquetas lingüísticas, las conexiones entre ellas y la definición de la base de reglas. Se trata de simular el proceso de selección que realizaría un persona experta en función de unos determinados datos que se le proporcionarían y que a través de un proceso intelectual basado en unas experiencias anteriores tomaría una decisión. Esta fase trata de sistematizar en la medida de lo posible el proceso del razonamiento humano.

La tercera fase será la implementación, optimización y el testeo del sistema a través de la entrada de valores conocidos, algunos extremos para probar que el sistema responde de forma adecuada según los requerimientos que se le solicitan. Hay que notar aquí que el sistema puede ser ajustado a un determinado comportamiento en función de diversas políticas de empresa que resulten más interesantes para la misma, como se haría con una persona a la que se le dictan una serie de premisas de actuación antes de comenzar su actividad.

No se puede decir, por lo tanto, que el sistema funciona bien o mal, si no si responde de forma adecuada o no. Esta tercera fase incluiría un ajuste en función de los resultados de las primeras pruebas. El testeo será realizado por un experto que será el que analice el comportamiento, y se realizará a través de la comparación de las decisiones del sistema con las decisiones del experto. Hay que hacer notar aquí que este testeo presenta una dificultad grande cuando se pretende realizar al ser tan grande el número de variables utilizadas. Por lo que se ha optado en principio por ver que el sistema responde bien a los casos extremos y luego comprobar varios casos aleatorios. La revisión general se hará revisando la base de conocimiento pues es la responsable final del comportamiento del sistema.

En la cuarta fase o fase final, se ha implementado en un programa informático y como aplicación independiente, todo el mecanismo expuesto, pues de otro modo sería inviable la puesta en práctica del sistema diseñado debido a la complejidad del proceso en sí, y aunque posible la realización manual de los cálculos involucrados no sería operativa de ningún modo. Esta ha sido una fase independiente con objeto de dar una utilidad real al sistema diseñado.

2. LAS VARIABLES ESCOGIDAS. TIPOS DE VARIABLES.

La primera fase como se ha indicado corresponde a la definición de variables. Se han establecido el conjunto de variables de entrada que serán sobre las que actúe el controlador a través de la base de reglas y el conjunto de variables intermedias. Estas se describen a continuación.

El proceso de elección de estas variables ha sido laborioso y se ha basado tanto en la experiencia de los directores de tesis, como en la del propio doctorando, así como en los trabajos y bibliografía consultada que se ha encontrado referente a la precualificación y selección de contratistas y que se ha desarrollado en el capítulo segundo de este trabajo.

El orden de exposición es indiferente, simplemente se agrupan por afinidades no representando el orden ninguna prioridad especial de una variable sobre otra, pues esa importancia se establecerá en la base de reglas.

Existen fundamentalmente dos clases de variables, las que hemos llamado variables de entrada y las denominadas variables de abstracción. A su vez las variables de entrada responden a dos tipos. El primer tipo corresponde a variables asociadas a conceptos difícilmente cuantificables a través de valores numéricos por lo que se ha recurrido a establecer su definición a través de etiquetas lingüísticas que sean fáciles de asignar por parte del evaluador.

Dentro de este tipo de variables a su vez se establecen dos categorías, en la primera de ellas a los posibles valores que puede tener una variable borrosa no se le permite otro valor distinto a los valores discretos 0, 1. En este tipo de variables se agrupan conceptos que no tiene a nuestro juicio sentido el valorarlos de forma continua en todo el intervalo. Con objeto de afinar la evaluación de otras variables de entrada se ha definido otra categoría en la cual el grado de pertenencia al concepto asociado a la variable se deja evaluar en el rango continuo $[0, 1]$.

La segunda categoría de variables corresponden a variables cuantificables numéricamente. Con objeto de que la asignación de valores a las variables sea lo más fácil posible para el usuario la determinación de valor de la variable se hace a través de la introducción de unos parámetros auxiliares que se pueden obtener con relativa facilidad, objetivos, no difusos y fácilmente cuantificables. De esta manera se obtiene una forma clara de evaluar unos conceptos que aunque precisos quizás no fuesen fácilmente asignables si no es por un procedimiento como el que se ha realizado. Además de esta manera todas las variables de entrada tienen un mismo grado de borrosificación y entran a las capas siguientes del controlador de forma similar.

La clase de las variables de abstracción intermedias son las que forman las capas dos y tres del controlador. Estas variables juegan un papel fundamental en los controladores que podríamos denominar de gestión, en contraposición a los controladores hardware más extendidos

y en los que prácticamente no se suelen definir. Su papel sirve para ir ascendiendo en el proceso de razonamiento cuando el número de variables es muy alto, como en el caso que nos ocupa que es de veintidós. Se trata de ir generando conceptos intermedios que vayan agrupando valores del primer nivel de entrada para que al final el bloque de razonamiento se abordable y definible. Todas las variables de abstracción son de tipo borroso.

Como se observará en el esquema general que se presentará más adelante, estas variables de abstracción tratan de resumir las distintas evaluaciones de los parámetros que las definen y encaminar el proceso de forma convergente a la solución final. En este caso se han planteado dos capas de abstracción. En la primera de ellas y como opción primera, se han definido las variables Experiencia-Histórica, Organización y Recursos, Plazo, Coste, Calidad y Riesgo. Como se observará por sus nombres, son variables de difícil determinación si se trataran de evaluar en primera instancia de forma directa a través de un número, tal y como se ha planteado en algunas artículos que se han mencionado en el capítulo dos de este trabajo, y que a nuestro juicio es muy arbitraria su asignación directa en primera instancia.

Las variables de la primera capa de abstracción son generadas a partir de las «señales» que reciben de las variables de entrada.

Existe una segunda capa de abstracción en la que las variables reciben datos de variables de abstracción de la primera capa y señales de las variables de entrada. En esta última capa se presentan dos macrovariables de abstracción, denominadas Capacidad de Gestión y Capacidad Técnica. Esta denominación la hemos adoptado con objeto de reflejar la carga conceptual que conllevan por haber sido generadas a través de varias variables de primera instancia. Se trata de unas variables con una carga de información grande y que son parte del conjunto de variables que servirán para realizar el enjuiciamiento final.

Finalmente se realiza la evaluación de la selección en base a las variables de abstracción de las dos capas. Esta variable final denominada Evaluación de la selección es de tipo borroso y es susceptible de ser convertida a un valor real a través de un proceso de desborrosificación. En este caso se ha adoptado para la selección final dos procesos que se explicaran más adelante. Cabe hacer notar aquí que la carga de información de la variable sin desborrosificar es quizás más intuitiva y aporta mayor información sobre la evaluación, aunque no cabe duda que el proceso de desborrosificación ayuda a la toma final de la decisión.

3. MORFOLOGIA DE VARIABLES.

Para la elaboración de esta parte fundamental del desarrollo del controlador se han tenido en cuenta las recomendaciones aportadas por Yager (1983), Turkasen (1991), Triantaphyllou, (1990), pero teniendo en cuenta las características propias del sistema que se está diseñando.

El siguiente paso para la definición del sistema es establecer el número de términos que debe abarcar la partición borrosa de cada una de las variables de entrada, y en el caso de las variables con entrada numérica la forma de las curvas que describirán el grado de pertenencia de cada variable al concepto de la etiqueta lingüística que la partición define.

También será necesario establecer el número de conceptos que definirán la partición

borrosa de cada variable.

Cuando se abordó esta cuestión se ha optado por tomar como número normal para la cantidad de términos de la partición de cada variable el de tres términos, aunque en una de las variables, como se verá a continuación se ha optado por dos y en otra por cuatro términos. Esto es debido en parte a que los conceptos en el lenguaje humano tienden a considerarse en dos estadios extremos y uno medio. Esto no siempre tiene que ser así pues en el caso de una de las variables elegidas se escogieron cuatro términos para darle al evaluador una opción más con objeto de evaluar más correctamente la variable correspondiente. En otro caso un valor intermedio carecía a nuestro juicio de sentido y fue eliminada quedando la partición en dos términos únicamente.

Sería posible hacer particiones de mayor número de términos, aunque conservando una simetría entorno a un valor central, con lo cual el número de elementos de la partición sería de cinco, siete, nueve, etc.

Hay que hacer notar aquí que el número de términos de las variables de entrada influirá de forma directa en el número de reglas que será necesario generar en los distintos bloques para abarcar todos los casos posibles que se puedan presentar. Esta cuestión en el caso de sistemas físicos puede resultar intrascendente dado el pequeño valor de variables de entrada que suelen tener estos sistemas. Sin embargo en el caso que nos ocupa y dado el elevado número de variables de entrada que se han propuesto, esta cuestión es vital y por lo tanto se ha optado por la solución antes expuesta.

Para ser conscientes de lo dicho anteriormente se puede hacer una simple operación matemática. Para un bloque que reciba, por ejemplo, cuatro variables de entrada con particiones de tres elementos el bloque máximo de reglas para cubrir todos los casos posibles sería de $3^4=81$ reglas. Si las particiones se hiciesen de cinco elementos en número pasaría a ser de $5^4=625$ reglas, es decir casi ocho veces más.

Esto podría ser necesario hacerlo para afinar quizás en un proceso en el que hubiera que estabilizar una variable entorno a un punto muy concreto, como ocurre en los procesos de control. Sin embargo, para un proceso de toma de decisión se ha considerado que la subdivisión en intervalos mayores no aportaría nada que compensase la dificultad añadida de la generación de reglas. Evidentemente estamos hablando aquí del proceso de definición de las reglas en sí, no del proceso de evaluación de las mismas que se ha resuelto con el programa que se ha realizado.

Otra cuestión que se ha de definir para las variables no borrosas es el de las formas de las curvas de las funciones de pertenencia a los distintos conceptos que definen las variables cuantificables.

Existen muchas formas de definir funciones de pertenencia para variables lingüísticas (51 verde), funciones analíticas, estocásticas, escalonadas, funciones obtenidas por procedimientos empíricos (50 verde) etc. Sin embargo ninguna de estas funciones juega un papel fundamental en la definición normal de sistemas borrosos.

Fundamentalmente dos clases de curvas se están utilizando las variables que tienen la primera derivada continua en todo su rango y las que no la tienen. A la primera familia corres-

ponden las distintas formas que se han expuesto en el Capítulo 3, es decir las de tipo del tipo triangular o trapezoidal. A la segunda familia corresponden los tipos S y π entre otras.

La primera familia tiene la ventaja de ser lo suficientemente precisas para representar la mayoría de los sistemas de decisión, son sencillas de interpretar y su implementación y cálculo computacionalmente es sencillo. Estas variables son usadas profusamente en sistemas de control. Sin embargo presentan el problema de que la derivada primera no es continua en el intervalo considerado y por lo tanto no es derivable en ordenes superiores. Esta razón es la que a veces lleva a usar las funciones de pertenencia de tipo S y π en algunos sistemas. En el caso que nos ocupa se ha optado por la primera familia de funciones, modificadas convenientemente, pues los resultados obtenidos no difieren respecto al uso de funciones similares de tipo de la segunda familia.

A continuación se describen en detalle las veintidós variables de entrada que se han utilizado para realizar la evaluación. Para cada una de ellas se justifica su inclusión en el sistema del controlador. Se describe además su tipo, su partición y las etiquetas lingüísticas de las mismas. Para las variables de entrada numérica se describen además de la forma de las mismas, las variables auxiliares de cálculo así como las fórmulas utilizadas para derivar el valor numérico de la variable principal asociada a las mismas.

Las elección todo este conjunto de variables se ha desarrollado en base a los siguientes principios de diseño:

- Las variables deben ser fácilmente identificables, es decir el evaluador debe entender de forma clara a que se esta refiriendo la misma. Esto es fundamental en variables no numéricas en el que el evaluador ha de decidirse por una opción en función de la composición de lugar que el tenga en ese momento de la situación.

- A pesar que en muchos casos esto es difícil las variables deben responder a conceptos claros y concretos, esta es una cuestión fundamental del que adolecen sistemas que aunque con una tecnología distinta, han abordado el proceso de clasificación o selección y que se han descrito anteriormente.

- Las variables han de abarcar la mayoría de los aspectos que pueden influir en el resultado final del proyecto, bajo el punto de vista del cliente, es decir deben de evaluar y premiar cuestiones que mejoren la calidad, el plazo, el coste final y disminuyan el riesgo y castigar aquellos aspectos que puedan perjudicar de alguna manera los objetivos finales del cliente.

- Al igual que para la definición de las variables, las etiquetas de sus correspondientes particiones han de ser claras y descriptivas del concepto que se pretende representar. Además la partición a de ser completa, en el sentido de que abarque todos las posibilidades que se puedan dar, al menos conceptualmente.

- En el caso de las variables numéricas se tenderá a crear variables relativas y no absolutas, de tal manera que el sistema no este limitado para trabajar en unos rangos fijos. Esto se conseguirá definiendo unos índices para cada una de las variables de este tipo.

- Se procurará que los datos necesarios para poder completar los valores de entrada sean asequibles por parte del evaluador. En este punto surge una controversia inevitable, por una parte la obtención de datos fiables siempre es costosa, pero evidentemente no se puede pretender que un sistema responda de forma útil sin una información de partida real y fiable.

- Las variables de abstracción intermedias han de responder a la idea de agrupar los conceptos de donde derivan y que las originan, por lo tanto han de ser variables más generales que abarquen varios conceptos de forma conjunta. Hay que hacer notar aquí que estas variables en un principio son únicamente para ser utilizadas por el desarrollador del controlador con objeto de ir haciendo converger el problema hacia una sola variable final. Por lo tanto no serían vistas por el usuario final. A pesar de lo dicho en la aplicación final se vio la conveniencia de desvelar al usuario final parte del proceso de convergencia del sistema con objeto de usar parte de las variables de abstracción como variables explicativas del proceso final realizado.

Bajo este punto de vista se han incluido como variables explicativas del proceso, las variables intermedias de abstracción que «atacan» directamente a la variable final de evaluación.

Se han excluido parte de las variables intermedias de la primera capa por ser unas variables puramente de apoyo y que no aportan datos concretos sobre el resultado de la evaluación final, pues sus valores vuelven a ser introducidos en otro bloque de reglas que a su vez generará variables que si se han incluido, por lo que sería algo redundante.

Finalmente y con objeto de facilitar la creación de la base de reglas para cada uno de los bloques que se generen, a cada una de las variables, se las dota de un grado de influencia, sobre las variables que afecta, de carácter cualitativo y que aparece reflejado en el esquema que se muestra más adelante del controlador a través de un color distinto en la línea que une una variable con su derivada. De tal manera que el color rojo indicaría una influencia vital o muy importante, el azul una influencia normal y el verde una baja influencia. Esta clasificación ha sido de ayuda a la hora de definir las reglas difusas que definen cada bloque.

Hay que decir que esta línea representa en mayor o menor grado la influencia de una variable sobre parámetros posteriores, aunque no el sentido de dicha influencia, pues como se describe a continuación existen parámetros que afectan de forma positiva y otros que afectan de forma negativa a la variable de abstracción que generan.

4. LAS VARIABLES DE ENTRADA AL SISTEMA

A continuación se describen de forma breve las veintidós variables de entrada al sistema. En el Anexo I se hace una descripción detallada de su definición, partición borrosa, así como de las distintas alternativas estudiadas y la problemática que surgió en algunas de ellas cuando se implementó la solución definitiva.

En la figura de la página siguiente se muestran todas las entradas junto con las etiquetas de sus particiones. También se indican las variables de abstracción sobre las que influirán en la generación de las mismas.

Para las variables calculadas se señalan igualmente los parámetros numéricos que generarán el valor de la variable a la entrada al sistema.

Nº Obras	APR01 Experiencia en obras análogas en los últimos 15 años.	Insuficiente Aceptable Relevante	APR_E
Similitud	APR02 Calidad contrastada.	Baja Media Alta	APR_Q
	APR03 Equipos y maquinaria.	Bajo Medio Alto	APR_G
	APR04 Operarios de control propios.	Alta_Satisfacción	APR_T APR_Q
	APR05 Experiencia jefe de obra y encargados.	Escasa Aceptable Relevante	APR_E APR_T APR_P APR_Q
P5	APR06 Renovación del personal.	Baja Media Alta	APR_CG APR_CT
PT	APR07 Asignación de otro personal técnico.	Insuficiente Aceptable Optima	APR_T APR_Q
	APR08 Estructura de organización.	Inadecuada Adecuada Optima	APR_G
	APR09 Comprensión del proyecto y alternativas.	Insuficiente Aceptable Optima	APR_CT
	APR10 Adecuación de los métodos de construcción.	Baja_Insuficiente Media_Aceptable Alta_Optima	APR_CT
P	APR11 Accidentabilidad.	Baja Media Alta	APR_P APR_C
M	APR12 Programación.	No Realista Realista No Se Ajusta Realista y Se Ajusta Realista y Recorta - Mejora objetivos	APR_P
G	APR13 Cobertura seguros.	Insuficiente Suficiente. Adecuada.	APR_R
L	APR14 Subcontratación. Valoración global de la subcontratación.	Deficiente Aceptable Excelente	APR_T APR_Q
	APR15 Interés mostrado.	Nulo Bajo NormalAdecuado	APR_R
	APR16 Incumplimientos críticos.	Ninguno Escasos, Ocasionalmente Conflictivo	APR_R
	APR17 Incumplimientos secundarios.	Ninguno Escasos Conflictivo	APR_R
F6	APR18 Facturación a la fecha.	Baja Normal Alta	APR_R
F12	APR19 Contratacion a la fecha.	Baja Normal Alta	APR_R
C6	APR20 Estado financiero.	Inestabilidad Con Problemas Estable Financiera	APR_P APR_C
C12	APR21 Diferencia entre precio ofertado y precio homogeneizado.	Negativa Normal Positiva	APR_C
PO	APR22 Diferencia entre precio homogeneizado y costo estimado.	Potencialmente Peligrosa Económica Ajustada a CE Anteconómica	APR_C
PH			
CE			

APR01

Descripción abreviada:

Experiencia en obras análogas.

Descripción completa:

Experiencia en obras análogas en los últimos 15 años.

Se trata de una variable clave que se relaciona con la experiencia. Por una parte se valorarán los años en el sector de la construcción en general y por otra parte la experiencia del contratista en obras de naturaleza análoga. Esta variable se plantea, dada su naturaleza, de carácter numérico. Se ha establecido un coeficiente N que determina el número de obras realizadas en los últimos 15 años respecto a una referencia. Esta referencia de «número de obras» se ha establecido en 5, de tal manera que $N = \text{número de obras} / 5$.

APR02

Descripción abreviada:

Calidad contrastada.

Descripción completa:

Calidad contrastada de otros trabajos realizados similares. Referencias.

En este caso se trata de evaluar la calidad final de las obras realizadas tanto análogas como de otro tipo y el grado de satisfacción de los clientes con las mismas. Se tendrá en cuenta también la posesión de la certificación ISO 9002. Se trata de una variable no numérica, cualitativa, en la que se establecerá una partición borrosa de tres etiquetas lingüísticas apoyadas sobre funciones de pertenencia del tipo singleton de significados claros.

APR03

Descripción abreviada:

Equipos y maquinaria.

Descripción completa:

Número de equipos y maquinaria propia.

Esta variable está también presente en muchos de los criterios de precualificación o clasificación. Se tratará de una variable no numérica que tratará de evaluar los recursos propios en cuanto a equipos auxiliares de construcción así como maquinaria propia de cierta entidad. No se incluirán en la valoración maquinaria menor que se supone existente por defecto en cualquier empresa constructora.

APR04

Descripción abreviada:

Número de operarios de control propios.

Descripción completa:

Operarios de control propios en obra diferentes del encargado.

Se trata de una variable que se prevee de carácter numérico, aunque se estudió una alternativa de tipo cualitativo como se indicará a continuación. Valorará la existencia de operarios asignados por la empresa con objeto de realizar tareas de inspección y control de los trabajos realizados.

Se tratará de personal con experiencia en las distintas fases de la construcción y no se limitarán a realizar una inspección final si no que supervisarán el trabajo durante su realización, con objeto de detectar posibles fallos que podrían quedar ocultos por la realización de fases de obra posteriores.

APR05

Descripción abreviada:

Experiencia de jefe de obra y encargado.

Descripción completa:

Jefe de obra y encargados. Experiencia contrastada.

Dada la importancia de este personal se ha dedicado una variable para evaluar la categoría y experiencia de los mismos. Se tratará de una variable lingüística al carecer de importancia el número en este caso, y tener mucha más importancia para los objetivos de la obra, la capacidad de mando y organizativa del personal directivo a pie de obra. Tampoco se ha tratado de evaluar la experiencia en número de años pues sería de difícil cuantificación. Como se habla de dos figuras distintas en la misma variable también sería difícil evaluarla de forma numérica. Haciendo la evaluación con etiquetas lingüísticas se puede globalizar de forma mas sencilla la evaluación de la idea que representa esta variable. Esta variable medirá también la experiencia en obras análogas.

APR06

Descripción abreviada:

Renovación del personal

Descripción completa:

Grado de renovación del personal en los últimos 5 años.

Esta variable trata de evaluar la calidad del personal de la empresa teniendo en cuenta la capacidad de renovación del mismo y a la vez la estabilidad del mismo. La estabilidad laboral se ha revelado en los últimos tiempos como un factor clave para un buen rendimiento laboral. A su vez una adecuada renovación, asegura una actualización siempre deseable en una empresa. Se trata de llegar a un compromiso entre renovación y continuidad.

La variable será numérica y se darán etiquetas que permitan evaluar por una parte la estabilidad en el empleo de los operarios y una estabilidad similar en el ámbito de los cargos a

pie de obra, pero con cierto grado de renovación. Son dos ideas en cierta medida contrapuestas que difícilmente se pueden evaluar con otros procedimientos, pero que con una partición borrosa puede simularse perfectamente. Este difícil compromiso entre renovación y estabilidad se resolverá también a través de una regla o reglas que penalicen los extremos de la partición que se haga y que valore positivamente los valores intermedios de la variable.

APR07

Descripción abreviada:

Otro personal técnico

Descripción completa:

Asignación de otro personal técnico residente en obra, número, titulación, experiencia.

Para finalizar con la evaluación del personal se propone otra variable de entrada que hace referencia a otro personal técnico residente en obra, su número, titulación, experiencia. Su existencia podría influir positivamente en la realización del proyecto.

APR08

Descripción abreviada:

Estructura de organización.

Descripción completa:

Estructura de organización y su adecuación a la obra.

Como variable final que tiene en cuenta los distintos aspectos de los recursos humanos de la empresa, cuya oferta se está estudiando, se plantea esta variable que tiene relación con adecuación de la estructura organizativa empresarial a las características de la obra. Se valorará la existencia de una adecuada estructura jerarquizada, con responsabilidades bien definidas y una operativa eficaz con unos procedimientos claros a la hora de tomar decisiones que puedan afectar a la ejecución de la obra.

APR09

Descripción abreviada:

Comprensión del proyecto y alternativas.

Descripción completa:

Comprensión del proyecto, alternativas o mejoras propuestas, capacidad de ofrecer diseño.

Se entra ahora en una variable que tiene que ver con el nivel de comprensión del proyecto, la bondad y ajuste de las alternativas o mejoras propuestas y la capacidad de ofrecer diseño. Claramente no existe alternativa numérica a este tipo de variable por lo que se ha adoptado una variable de tipo no numérico. Como afecta a varios factores de importancia, se planteará una partición inicial de tres etiquetas con objeto de poder matizar más su evaluación.

APR10

Descripción abreviada:

Adecuación de los métodos de construcción.

Descripción completa:

Adecuación de los métodos de construcción a la obra.:

Esta variable tendrá en cuenta la adecuación de los métodos de construcción a la obra. Es una variable que junto con la anterior se complementarán y entre otras decidirán, a través de las reglas correspondientes, de forma sustancial la evaluación de la **CAPACIDAD TÉCNICA** del ofertante.

APR11

Descripción abreviada:

Accidentabilidad.

Descripción completa:

Índice de accidentes en un período determinado.

A través de esta variable se tratará de evaluar el grado de accidentabilidad de una empresa. En el sector de la construcción es sabido que los índices de accidentabilidad son elevados, sin embargo existen empresas que cuidan de forma especial estos aspectos y tienen una menor siniestralidad. Se trata de evaluar ésta y premiar un índice bajo de accidentes y «castigar» uno alto.

APR12

Descripción abreviada:

Programación

Descripción completa:

Programación realista y su ajuste a la obra.

Esta variable es representativa y ampliamente mencionada, e incluso exigida, cuando se habla de la clasificación o evaluación de una oferta por parte de un contratista. Se valorará una programación realista de la construcción y su ajuste o reducción del plazo propuesto. El tiempo de ejecución puede, en algunos proyectos, ser un factor crítico. El conseguir unos plazos cortos de ejecución aún a costa de incrementar costos puede ser necesario en algunos casos.

APR13

Descripción abreviada:

Seguros.

Descripción completa:

Grado de cobertura de las pólizas de seguros contratadas.

Bajo el punto de vista de la propiedad la aportación por parte de la contrata de seguros que cubran diversas responsabilidades o contingencias es una cuestión de especial importancia para la consecución de los objetivos del proyecto así como para la contención del riesgo global. Se tendrán en cuenta las pólizas de seguros contratadas así como su cobertura real.

APR14

Descripción abreviada:

Subcontratación.

Descripción completa:

Valoración global de la subcontratación.

El número de subcontratas que utilizará la contrata principal, la valoración global de la subcontrata y el control que sobre las mismas ejerza la contrata principal serán los criterios que rijan la evaluación de este parámetro.

APR15

Descripción abreviada:

Interés mostrado, incluido tiempo de respuesta.

Descripción completa:

Interés mostrado en la realización, incluido el tiempo de respuesta.

Este parámetro tratará de medir el interés mostrado por parte del contratista en la realización del proyecto, con objeto de valorar los posibles beneficios que este interés acarrearía para la obra. Es claro que algunas obras pueden representar para un determinado contratista un interés especial, ya sea por la zona en que se implante la obra, la repercusión social de la misma, etc, que haga que la dedicación, esmero y el cuidado en la realización sean extraordinarios, lo cual beneficia los objetivos del proyecto.

APR16

Descripción abreviada:

Incumplimientos críticos.

Descripción completa:

Historial y referencias de incumplimientos críticos.

Esta variable trata de evaluar el historial de incumplimientos del contratista contra los objetivos críticos (alcance, plazo, costo, calidad) de sus clientes anteriores. Esta información se puede recoger a través del contacto con los clientes del contratista para contrastar su «curriculum vitae». Incluirá cualquier conflicto y sus consecuencias. Se pondrá especial atención en valorar los procesos legales en tribunales y sobre todo si afectan al mismo tipo de obra.

APR17

Descripción abreviada:

Incumplimientos secundarios.

Descripción completa:

Historial y referencias de incumplimientos secundarios.

Esta es una variable complementaria a la anterior. Los incumplimientos secundarios son los que no afectan a los objetivos críticos del cliente. Los objetivos de alcance, plazo, coste y calidad del cliente, que se presupone de cierta cultura en la dirección de proyectos, siempre están priorizados, sea de manera formal o informal, y siempre hay uno o dos críticos que afectarán de forma directa al posible fracaso del proyecto, y otros que no.

APR18

Descripción abreviada:

Facturación a la fecha.

Descripción completa:

Avance de facturación a la fecha en relación con historial.

Esta variable junto con la siguiente tratará de determinar si el deseo en la realización de la obra se debe simplemente a una necesidad imperiosa de contratar para facturar a toda costa y no a un deseo legítimo que toda empresa debería de tener de obtener la máxima facturación anual.

APR19

Descripción abreviada:

Contratación a la fecha.

Descripción completa:

Avance de contratación a la fecha en relación con historial. Ratios.

Como complemento de la variable anterior y afectando también el parámetro de abstracción **RIESGO** se plantea esta nueva entrada que trata de medir el volumen de obra en contratación a la fecha en relación con historial de años anteriores.

APR20

Descripción abreviada:

Estado financiero.

Descripción completa:

Solvencia económica. Estabilidad financiera.

En esta variable se reflejará la solvencia económica y estabilidad financiera de la empresa. No se plantea en principio una variable numérica, pues las variables que definen el estado financiero a nivel contable de una empresa son muchas sería y excesivamente complejo su evaluación.

APR21

Descripción abreviada:

Diferencial de precio.

Descripción completa:

Diferencia entre precio ofertado y precio homogeneizado.

A través de este parámetro se comparan el precio ofertado sin homogeneizar (PO) y el precio homogeneizado (PH) de la oferta presentada y se creará un ratio $DOH = (PH - PO) / PO$ que será particionado en torno al valor cero. La partición borrosa será de tres etiquetas para poder desarrollar con facilidad las reglas borrosas que afecten a esta entrada.

APR22

Descripción abreviada:

Diferencial de coste.

Descripción completa:

Diferencia entre precio homogeneizado y coste estimado.

Una vez que se han homogeneizado todos los precios, y como valor final para la realiza-

ción de la evaluación, se recurre a la determinación de la diferencia entre el precio homogeneizado y un precio de referencia denominado coste estimado. Se entiende por coste estimado CE la estimación realista realizada por una ingeniería o consultora competente, basándose en las especificaciones, planos, mediciones y estado actual del mercado. Se parte de la base de que el CE es suficientemente realista, y servirá como patrón independiente para evaluar lo «barato» o «caro» que resulta la oferta.

5. LAS VARIABLES DE ABSTRACCIÓN. CAPAS INTERMEDIAS.

El siguiente paso en el proceso de desarrollo del controlador difuso es la definición de variables intermedias que pasarán información de forma convergente hacia la evaluación final que es la que se pretende determinar.

Estas variables intermedias están distribuidas en capas o agrupaciones de variables a través de las cuales fluye la información. Cada una de las variables intermedias está generada por un bloque de reglas difuso, que se describirán más adelante. Las variables intermedias están definidas todas, conforme al esquema clásico del controlador borrosos ya comentado, en modo borrosificado. Estas variables nunca serán procesadas por un módulo de desborrosificación. Por esta razón las variables intermedias tendrán siempre una partición borrosa en base a etiquetas lingüísticas.

En el proceso de simulación del razonamiento humano estas variables juegan un papel fundamental permitiendo en razonamiento en un plano superior al que se necesitaría si se tratase de trabajar con las variables de entrada.

Dentro de estas variables se pueden definir dos tipos, las que son generadas a través de las variables iniciales de entrada y las que son generadas por otras variables intermedias creadas previamente. Las primeras son las que pertenecerían a la denominada capa uno y las segundas las que pertenecerían las capas segunda, tercera, etc. En el sistema que aquí se ha desarrollado sólo se han utilizado dos capas tal y como se indica en el esquema general. En la primera capa se han generado siete variables de abstracción y en la segunda dos.

El uso de variables intermedias junto con los bloques de reglas difusas es el fundamento del proceso que va a permitir abordar la resolución del problema multivariable que se está estudiando y que de otra manera sería inabordable. Estas variables permiten ir agrupando la información de partida en conceptos de rango superior que facilitarán el ir haciendo razonamientos simples que a su vez generan otros conceptos de rango superior que van heredando la información de las variables iniciales.

No existe ningún procedimiento tipo para determinar el número necesario de variables intermedias necesarias. Además, en la literatura de control consultada, estas variables tienen muy poca importancia al no ser necesarias en muchos casos, por ser pequeño el número de variables de entrada como ya se ha comentado anteriormente, y hacerse el cálculo de las salidas directamente de las entradas.

En aplicaciones como la que se aborda aquí, y después de la experiencia obtenida con el diseño que se está exponiendo, se pueden dar unas ideas generales para la determinación de las variables intermedias:

- El número de variables ha de ser convergente hacia la solución final, por lo tanto el número de variables intermedias ha de ir disminuyendo progresivamente a medida que se avanza por las distintas capas.

- El número de capas no debe sobrepasar de tres, siendo aconsejable dos y si el problema

no es excesivamente complejo puede llegar con uno.

- Cada variable de abstracción ha de ir agrupando valores de entrada que estén mínimamente relacionados y que agrupados a un nivel superior aglutinen conceptos sobre los que se puedan emitir juicios.

- Las variables intermedias debido a su carácter eminentemente borroso y su representación a través de etiquetas lingüísticas han de representar conceptos más generales y evidentemente no numéricos.

- Las variables en su significado aunque genéricas, han de ser claras en su significado y diferenciarse claramente unas de otras en la idea de lo que quieren representar.

- Las etiquetas de estas variables han de ser escogidas con sumo cuidado tratando de que abarquen el rango entero de posibles valores y que después sean suficientemente descriptivas de la situación que representan para facilitar el juicio para la evaluación de las reglas.

- Las variables intermedias pueden aceptar valores mixtos, es decir, ser generadas por valores de entrada y por otras variables intermedias. Sin embargo a nuestro juicio conviene hacer que esto ocurra sólo en el caso de una variable tenga una importancia estratégica en la determinación de otra variable y se quiera arrastrar el valor de la variable lo más cerca posible de la evaluación final, con objeto de dejar clara esa importancia sin haberla difuminado en las capas intermedias.

- No se debe redundar una variable, es decir, que una misma variable inicial vaya a dos capas simultáneamente, aunque si es posible que entre en dos variables de abstracción distintas dentro de la misma capa.

- A medida que las variables se aproximen a la evaluación final deben llevar una carga conceptual mayor y ser lo más genéricas posibles conceptualmente sin perder su significado inequívoco.

- Se podría llevar una variable hasta la evaluación final sin pasar por ninguna variable intermedia, dada su importancia o necesidad por parte del desarrollador, de matizar su influencia en la decisión final, aunque en el caso que aquí se plantea no se ha hecho.

- El número de variables que definen una nueva variable debe estar a nuestro juicio y dada la experiencia tenida en un máximo de seis, pues un número mayor generaría la creación de un bloque de reglas excesivamente grande en cuanto a su construcción y evaluación. Si fuese necesario un número mayor de variables para definir otra es aconsejable tratar de generar dos conceptos que unidos den idea del concepto que se pretende describir, y a cada uno de ellos llevar las variables que más le afecten del total de variables que afectaban a la variable primitiva.

- Las variables intermedias debida a su carga conceptual deben ser estudiadas con minuciosidad y etiquetadas convenientemente, aunque el usuario final no las va a ver su desarrollo es fundamental para la generación de la base de conocimiento.

- Ha de evitarse en todo caso construir bucles cerrados, es decir, que dos variables entren de forma redundante a formar parte de una variable de abstracción aunque sea a través de caminos distintos. Esto se consigue comprobando que no se puede construir ningún camino cerrado que partiendo de una variable pueda regresar a la misma a través de las conexiones establecidas entre variables.

Las variables escogidas de abstracción se exponen a continuación y todas ellas han sido creadas siguiendo las directrices antes mencionadas.

5.1. VARIABLES DE LA PRIMERA CAPA:

APR_E. Experiencia e historial adecuado a la obra.

Será generada a partir de las variables **APR01 - Experiencia en obras análogas en los últimos 15 años** y **APR05 - Experiencia Jefe de Obra y encargados**. El grado de influencia de estas dos variables sobre esta nueva variable será similar. Esta premisa ayudará en el momento del diseño de las reglas del bloque correspondiente. Con esta variable intermedia se pretende agrupar los dos conceptos que tienen que ver con la experiencia de la empresa y el personal que dirigirá la obra. La partición borrosa se hará con tres etiquetas INSUFICIENTE, ACEPTABLE, RELEVANTE, que son lo suficientemente descriptivas y diferenciadoras de los conceptos que se pretenden representar y que además abarcan conceptualmente todo el espectro de posibles casos que se pueden presentar. Hay que recordar que estas etiquetas son sobre las que se realizará la base de conocimiento experto, por lo tanto han de ser escogidas con esmero ya que no son simples palabras. Esta variable como recibe únicamente datos de los valores de entrada pertenece a la primera capa. A su vez esta variable servirá como entrada para dos variables de la capa siguiente como se describirá más adelante.

APR_G. Organización y recursos para la gestión.

Será generada a partir de las variables **APR03 - Equipos y maquinaria** y **APR08 - Estructura de organización**. Con esta variable intermedia se pretende aunar dos conceptos que tienen que ver con la estructura empresarial y los recursos materiales con los que cuenta la empresa. La partición borrosa se hará con tres etiquetas INADECUADA, ADECUADA, OPTIMA, estas etiquetas se han variado respecto a las de la variable anterior, aunque conceptualmente son similares. El hecho de esta elección, además de su idoneidad para representar el concepto que se quiere, ha sido para diferenciar las etiquetas, pues estas dos variables a su vez entran a formar parte de una variable posterior y esto ayuda en el razonamiento del bloque correspondiente. Este cambio no es necesariamente obligado, pero si es posible hacerlo manteniendo los conceptos que se quieren representar, es favorable para el desarrollo de la base de conocimiento. Esta variable también pertenece a la primera capa. Esta variable servirá como entrada para una variables de la capa siguiente como se describirá más adelante. La influencia de las dos entradas sobre la variable en este caso se ha considerado distinta teniendo mas influencia o peso la entrada APR03.

APR_T. Organización y recursos técnicos.

Será generada a partir de las variables **APR04 - Operarios de control propios, APR05 - Experiencia Jefe de Obra y encargados, APR07 - Asignación de otro personal técnico y APR14 - Subcontratación. Valoración global de la subcontratación.** Con esta variable intermedia se pretenden aunar varias entradas que tienen que ver con la estructura técnica de la propia empresa así como de las empresas auxiliares que participarán en la obra, de tal manera que a efectos de razonamiento se considerarán como un todo. La partición borrosa se hará con tres etiquetas INADECUADA, ACEPTABLE, OPTIMA. Esta variable tiene el doble de entradas que las variables anteriores con lo cual la complejidad de su definición será mayor al aunar muchos más conceptos. Su valor será introducido en otra variable de una capa superior.

APR_P. Ajuste a plazo y riesgo de incumplirlo.

Será generada a partir de las variables **APR05 - Experiencia Jefe de Obra y encargados, APR11 - Accidentabilidad, APR12 - Programación, APR20 y Estado financiero.** Esta variable de la primera capa forma un subgrupo junto con otras dos variables y representan los objetivos prioritarios que se deben perseguir en la realización de cualquier proyecto, el plazo de ejecución, el coste adecuado y la calidad pretendida. Con esta variable se pretende evaluar el primero de ellos, el plazo de ejecución. Para ello se han hecho llegar a esta variable las entradas que se han considerado más influyentes en la consecución o no de este objetivo. La partición borrosa se hará con tres etiquetas NO ADECUADO, ADECUADO, OBJETIVO. Los pesos o influencias se han considerado de forma gradual comenzando por la programación como factor fundamental para la consecución de un ajuste a plazo, continuando con la figura del jefe de obra como factor decisivo en la correcta organización para la consecución de los plazos programados y finalmente se ha matizado esta variable con dos entradas, la accidentabilidad y el estado financiero, que pueden provocar retrasos en el plazo, caso de producirse o de existir una situación inestable empresarial.

APR_C. Ajuste a coste y riesgo de incumplirlo.

Será generada a partir de las variables **APR11 - Accidentabilidad, APR20 - Estado financiero, APR21 - Diferencia entre precio ofertado y precio homogeneizado y APR21 - Diferencia entre precio homogeneizado y coste estimado.** Con esta segunda variable se trata de englobar las entradas que tienen que ver con el coste final del proyecto. Las cuatro variables que la generan también están graduadas según su influencia y dicha influencia se verá reflejada en las reglas que la van a generar. Como entrada mas importante será la diferencia entre coste estimado y precio homogeneizado. En segundo lugar será la diferencia entre precio ofertado y precio homogeneizado y finalmente como matizadoras de la variable se han considerado al igual que en la variable anterior la accidentabilidad y el estado financiero como posibles penalizadoras de la consecución del objetivo final que no es otro que ajustarse al costo final deseado. La partición asignada a esta variable es la misma que la que se ha considerado para la variable anterior, es decir, NO ADECUADO, ADECUADO, OBJETIVO.

APR_Q. Ajuste a calidad y riesgo de incumplirla.

Será generada a partir de las variables **APR02 - Calidad contrastada, APR04 - Ope-**

rarios de control propios, APR05 - Experiencia de jefe de obra y encargados, APR07 - Asignación de otro personal técnico, APR14 - Subcontratación. Valoración global de la subcontrata. Esta variable en este trabajo, se ha considerado de una importancia vital por la valor que en los últimos tiempos se da a la calidad en general en todos los sectores de la industria y en de la construcción también, incluso una importancia mayor que el coste. Esta idea es, en parte, una de las generadoras de este trabajo, pues si el precio fuese la variable determinante la solución se plantearía de una manera estrictamente numérica y de forma mas sencilla. Este hecho se ve reflejado en que sobre esta variable inciden seis entradas en distinto grado de influencia, siendo las dos fundamentales y de mayor peso las que hacen referencias a la calidad contrastada en obras anteriores y el personal de control que pone la empresa con objeto de asegurar la calidad en las ejecuciones que realizan. La partición asignada a esta variable es, NO ADECUADO, ADECUADO, OPTIMO.

APR_R. Otros riesgos. Nivel de riesgo.

Esta variable estará generada a partir de las entradas **APR13 - Cobertura de seguros, APR15 - Interés mostrado, APR16 - Incumplimientos críticos, APR17 - Incumplimientos secundarios, APR18 - Facturación a la fecha, y APR19 Contratación a la fecha.** Esta variable trata de evaluar de forma global el nivel de riesgo general que ponga en peligro la ejecución final de la obra en lo que respecta a otros riesgos que no afecten a los objetivos principales que ya se han evaluado anteriormente. Esta variable tiene un carácter distinto al de las tres anteriores, pues con esta variable fundamentalmente se penaliza valores medios o altos del nivel de riesgo y se considera normal, o digamos no se premia, un nivel bajo de riesgo, de forma distinta a lo que se hace con las variables anteriores que premian los valores favorables y castigan los desfavorables. La partición asignada a esta variable es BAJO, MEDIO, ALTO. Con objeto de abarcar en lo posible la mayor cantidad de factores que pueden originar riesgo, se han introducido en esta variable el máximo de variables que se ha considerado apropiado, es decir, seis. Debido a la dificultad inherente a predecir el riesgo, de esas seis variables las que presentan un mayor peso se refieren a los incumplimientos considerados críticos en obras pasadas y la cobertura real de seguros que presente la empresa. Esta idea se basa en el hecho de que si una empresa en su trayectoria no ha tenido incumplimientos graves dignos de tener en cuenta es probable que siga sin tenerlos. Respecto a la cobertura de seguros este es un hecho mas objetivo relativamente fácil de determinar. El resto de las variables matizan de forma conveniente estos dos factores fundamentales y se supone que en los casos reales que se presenten sean acordes y presenten una uniformidad en sus valores.

5.2. VARIABLES DE LA SEGUNDA CAPA:

En esta segunda capa se introducen dos variables nuevas que tratan de agrupar, siguiendo el proceso convergente antes indicado, variables de la primera capa con variables de entrada. Estas dos nuevas variables con una carga conceptual elevada acometerán finalmente a la variable final de evaluación. El objeto de esta segunda capa es reducir a un valor no mayor que seis el número de entradas para la evaluación final, pues como ya se ha indicado para otras variables intermedias, un valor mayor complicaría de forma excesiva la generación de reglas. En este caso con esta segunda capa se ha conseguido una reducción a este número de seis que ya de por sí es elevado. Estas dos variables, junto con otras cuatro de la primera capa, incidirán con el mismo

grado y serán las que permitan determinar el valor borroso de la evaluación que en la etapa final será desborrosificado con algún procedimiento de los que se indicarán más adelante.

Legados a este punto es oportuno señalar que de las veintidós variables iniciales de evaluación se ha conseguido llegar a seis, mediante un proceso convergente en que la información va fluyendo hacia adelante y asignando una mayor carga conceptual a las variables que se van generando, con objeto de no perder información, pero reduciendo el número de variables para así, poder realizar las valoraciones de juicio o reglas en la forma en que la inferencia borroso nos permite.

Las variables de la segunda capa son:

APR_CG. Capacidad de gestión y su ajuste a la obra.

Será generada a partir de las variables **APR_E - Experiencia - Historial adecuado a la obra, APR_G - Organización y recursos para la gestión, APR06 - Renovación de personal**. La influencia de estas variables será la misma para las dos primeras mencionadas y este valor será matizado por la variable APR_06 que influirá de forma leve. Esta variable es una de las dos que forman la segunda capa de abstracción. Por tal motivo es una variable con una carga conceptual grande pues viene arrastrando información desde las variables iniciales. Su partición borrosa se ha establecido con las siguientes etiquetas, NO DESEABLE, ACEPTABLE, OPTIMA. Esta variable incidirá directamente en la evaluación final. Como su nombre indica trata de concentrar todas las variables que tienen que ver con la capacidad de gestión de la empresa de forma global. Su influencia sobre la variable final de evaluación será igual al resto de las variables que inciden sobre ella.

APR_CT. Capacidad de técnica y su ajuste a la obra.

Será generada a partir de las variables **APR_E - Experiencia - Historial adecuado a la obra, APR_T - Organización y recursos técnicos, APR06 Renovación de personal, APR09 Comprensión del proyecto alternativas, APR10 Adecuación de los métodos de construcción**. Las variables de influencia mayor sobre esta variable serán las que provienen de la primera capa que a su vez arrastran información de variables anteriores. También se ha considerado de importancia en la evaluación la influencia de la variable que hace referencia a la comprensión del proyecto y alternativas que se puedan presentar por su influencia en la mejora del proyecto. Finalmente esta variable puede ser matizada de forma más leve con la inclusión de las otras dos variables mencionadas. La partición borrosa se ha establecido con las siguientes etiquetas, NO DESEABLE, ACEPTABLE, OPTIMA, al igual que se ha hecho con la otra variable de la segunda capa. La importancia de esta variable sobre la evaluación final será del mismo grado que del resto de las variables que la van a generar.

5.3. LA VARIABLE DE EVALUACIÓN FINAL.

Todo el proceso convergente que se ha venido describiendo tiene como fin llegar a determinar el valor de una variable que será la que ayude al evaluador a tomar una decisión sobre que contratista sería más conveniente para el proyecto en cuestión. En esta variable tal y como se ha descrito se engloban distintos aspectos de las características del ofertante así como de su oferta,

por lo cual posee una carga de información muy elevada que se ha ido generando a través de todos los procesos de razonamiento que se realizan dentro del controlador. Este hecho es el que la faculta de forma clara para que el evaluador apoye su decisión en ella. Esta variable será ajena a influencias externas y a estados de ánimo o prejuicios del evaluador, dado el carácter eminentemente automático de su cálculo por parte de la aplicación creada. La partición para esta variable, dada su importancia, se estimó en cuatro etiquetas para poder afinar más en la evaluación de esta variable. La definición de que se ha dado a esta variable es la de EVALUACIÓN DE LA SELECCIÓN. Lo que se pretende indicar es la idoneidad de la empresa para la realización del proyecto. Por este motivo las etiquetas de la partición borrosa se han establecido como: INACEPTABLE, NO DESEABLE, ACEPTABLE, OPTIMA. Se estima que las etiquetas son lo suficientemente descriptivas de lo que pretenden describir.

De todas formas se indica a continuación una pequeña descripción de lo que se pretende indicar con cada una de ellas. Esta descripción es a mero título informativo, pues lo que se pretende precisamente con este sistema es que el evaluador, a la vista de los valores que se obtienen por parte del sistema, sea influenciado de forma clara para optar por una decisión acorde con el consejo del sistema.

Inaceptable: se entiende que el evaluado incumple alguno de los criterios básicos necesarios que se han establecido en la base de reglas de conocimiento. Esta inaceptabilidad puede ser de distintos grados, pero en todo caso debería descartarse, en principio, cualquier contratista evaluado con esta etiqueta.

No deseable: en este caso el evaluado no incumple ninguno de los requisitos básicos establecidos, sin embargo no es a juicio del sistema el candidato más idóneo para la realización del proyecto.

Aceptable: Se supone con esta etiqueta que el evaluado cumple los requisitos mínimos establecidos y puede ser un candidato idóneo a falta de algún otro mejor.

Optimo: como la propia etiqueta indica, el sistema entiende que este candidato a parte de no incumplir con ninguno de los requisitos básicos y cumplir con las exigencias generales del proyecto y objetivos del cliente, aporta valor añadido al mismo e incluso los mejora, por lo cual se considerará el más apropiado.

Evidentemente entre estos valores existirán toda una gama de valores intermedios que enriquecerán la evaluación final y que harán más sensible la justificación de la elección.

Con objeto de ayudar aún más a tomar la decisión final, y tal como permite el mecanismo del control borroso se realizará una desborrosificación del valor de la selección, con objeto de asignar un valor concreto y ordenable de la evaluación final. Este proceso se describirá más adelante así como las distintas opciones que se han planteado.

5.4. LAS VARIABLES ACLARATORIAS.

En las aplicaciones del control borroso sobre elementos físicos es evidente que la justificación de una decisión está claramente determinada por el resultado. Lo que se pretende decir con esto es que el resultado será bueno si la decisión de control tomada hace que el sistema responda de forma prevista y adecuada a la tarea que se pretende controlar. La bondad de los resultados es inmediata observando el propio sistema. Esto lleva al hecho de que no es necesaria una explicación a la decisión de control tomada, pues la explicación en sí, se puede decir que es el buen funcionamiento del sistema en cuanto a respuesta adecuada y estabilidad.

En el caso de aplicaciones basadas en control borroso, como la que nos ocupa, en que la acción de control, en este caso decisión, a priori no puede justificarse como buena de antemano, a no ser por una confianza en que el sistema ha sido bien diseñado, sería interesante hacer más transparente esta «caja negra» a la que podría denominarse el controlador y desvelar en cierta forma el proceso interno que se ha seguido, desvelando algunas de las variables intermedias que se han ido calculando y con las que se ha construido la evaluación final.

Estas variables son las que se han denominado en este trabajo variables aclaratorias o justificativas de la decisión. En un principio se estimó la posibilidad de desvelar las nueve variables intermedias utilizadas con objeto de hacer totalmente transparente la aplicación, pero finalmente se creyó más oportuno el mostrar únicamente las variables intermedias que inciden directamente sobre la evaluación final. Los motivos de esta decisión fueron el no sobrecargar al evaluador con información excesiva que pudiese confundirlo y no mostrar variables intermedias de apoyo que más tarde van a ser englobadas en otras.

Por estas razones fueron eliminadas del grupo de variables aclaratorias las variables APR_E, APR_G y APR_T de la primera capa.

En la aplicación informática realizada se muestran los valores de estas variables y se ha visto que su visualización ayuda a comprender mejor el proceso de selección. También en la aplicación se han añadido algunas utilidades que se describirán en el capítulo correspondiente.

6. LA BASE DE CONOCIMIENTO EXPERTO.

En siguiente paso en la construcción del controlador, y una vez definidas todas las variables de entrada y salida, además de las variables intermedias, es construir la base de conocimiento experto que es la que va a manipular dichas variables con objeto de inferir del conjunto de todas ellas una decisión final. Este proceso pretende asemejarse al que ocurre en la mente de una persona cuando es sometida a la tarea de emitir un juicio basado no sólo en valores numéricos de determinados parámetros, sino de otros valores que se mueven en el campo de lo conceptual.

Es aquí donde la lógica borrosa entra a jugar un papel importante a la hora de manejarse con conceptos difusos que se mueven en el campo de la incertidumbre.

La inferencia borrosa es el método por el cual las reglas o sentencias son procesadas, tal y como ya se ha descrito en el capítulo anterior. El proceso de inferencia lleva consigo la realiza-

ción fundamental de dos procesos, la agregación de premisas y la agregación de resultados.

La agregación de premisas es la combinación de todas las variables de entrada dentro de una regla o sentencia para determinar el grado de verdad de dicha regla. Cuando más de una regla tiene como resultado una misma conclusión se hace necesario un proceso de agregación de resultados que los combine de forma adecuada.

6.1. La construcción de la base de reglas.

La construcción de la base de reglas encaja dentro de lo que se ha venido en denominar el razonamiento aproximado Gaines (1976). El primer estudio sistemático de la implicación borrosa fue realizado por Bandler y Kohout (1980) en los años ochenta. Han sido de especial interés en el estudio de la implicación borrosa otros autores como Willmott (1980), Weber (1983), Trillas y Valverde (1985), Wu (1988), pero quizá el trabajo más comprensible ha sido el realizado por Ruan y Kerre (1993).

Todos estos trabajos en torno al razonamiento aproximado, surgen de las primeras ideas presentadas por Zadeh y que más adelante fueron desarrolladas por otros autores como los mencionados anteriormente.

De todas maneras en ninguno de estos trabajos se aborda completamente el proceso de generación de una base de reglas de forma sistemática para la resolución de un problema en concreto, por lo cual la forma que aquí se expone, hasta lo que conocemos es totalmente original.

Una de las tareas más complejas que se deben realizar en la construcción de un sistema de apoyo a la decisión basado en el control borroso es la construcción de la base de conocimiento experto o base de reglas. Ya se ha apuntado en capítulos precedentes que esta dificultad no se presenta en los sistemas de control puros, y esto es debido fundamentalmente en el número de variables de entrada que intervienen en el proceso. Como contrapartida estos sistemas deben de solventar el problema de la estabilidad cuando se trata de mantener un determinado parámetro dentro de un rango, pues el proceso de evaluación se realiza varios cientos o miles de veces por segundo, con la dificultad que esto conlleva.

En el caso que nos ocupa este problema literalmente no existe, pues el proceso de evaluación se realiza de forma finita y el tiempo no interviene de manera alguna. Por otra parte la dificultad reside en este caso en la gran cantidad de variables con la que hay que manejarse. Como un primer dato para darse cuenta del alcance de este problema se puede hacer la siguiente reflexión. Dado que se han planteado veintidós variables de partida y cada una de ellas excepto dos presenta una partición como mínimo de tres valores, el número de combinaciones posibles de valores de entrada, suponiendo que se hacen entrar en el proceso de evaluación todos los valores a la vez, es de 1.652994×10^{10} de combinaciones posibles de valores, sobre los que tomar decisiones estables y uniformes siguiendo algún tipo de directrices. A este valor se ha llegado multiplicando el número de elementos de las particiones de las distintas variables.

Como se puede apreciar fácilmente este problema sería inabordable a través de la construcción de tablas de valores debido a la complejidad que eso supondría y a la conectividad que

existe entre las variables.

Este problema se ve resuelto mediante la técnica del control borroso ya expuesta y que consiste como ya se ha repetido en la descomposición del problema en otros más pequeños que sean más fáciles de abordar. De todas maneras llegados a este punto surge otro inconveniente que se expone a continuación.

Con la introducción de las variables intermedias se consigue ir subdividiendo el problema principal, pero a pesar de ello existen variables intermedias que conceptualmente son creadas por un número de variables de partida también importante. En el caso que aquí se ha estudiado existen variables intermedias con seis variables generadoras, este valor también es el mismo para la variable final de evaluación.

Para cada variable intermedia ha de crearse un bloque de reglas que es el que la va a generar. Por lo tanto si en dicho bloque se quieren contemplar todos los posibles casos que se puedan presentar ha de realizarse un cálculo similar al realizado anteriormente. Así por ejemplo para la primera variable de abstracción APR_E que es generada por dos variables de entrada, que a su vez tiene cada una de ellas una partición de tres elementos el número máximo de reglas necesario para cubrir todos los casos es de nueve reglas.

Si se realiza este cálculo para cada una de las bloques intermedios que generan cada una de las variables de las capas una y dos se obtienen los siguientes resultados, que se presentan en la tabla siguiente.

Nombre de la variable

<i>Capa 1</i>	<i>Capa2</i>	<i>Evaluación Final</i>	<i>Número máximo de reglas</i>
APR_E			9
APR_G			9
APR_T			27
	APR_CG		27
	APR_CT		243
APR_P			144
APR_C			144
APR_Q			81
APR_R			486
		APR_EV	729

Total de Reglas 1899

Se puede observar que el número total de juicios o reglas borrosas como máximo para realizar la evaluación sería de 1899 reglas. Esta cantidad aunque elevada se muestra claramente inferior al 1.652994×10^{10} previamente calculado que hacía el problema inviable de todo punto.

Vemos pues que esta técnica aplicada al caso de la toma de decisiones reduce ya de forma sustancial la complejidad del problema.

6.2. El método de agregación de la parte SI... Y .. Y .

Tal y como ya se describió en la teoría general del controlador borroso, los juicios o sentencias, que en adelante denominaremos reglas, según se viene haciendo ya tradicionalmente en toda la literatura del control borroso, son la base de la inferencia borrosa en que las premisas pertenecen a conjuntos borrosos, o lo que es lo mismo el razonamiento de las sentencias se realiza en condiciones de incertidumbre. Estas reglas están compuestas de un conjunto de sentencias del tipo

SI Y Y Y ENTONCES

que responden a una estructura similar a la del antecedente del silogismo clásico del Modus Ponens.

La parte que se ha indicado como puntos suspensivos corresponde a una afirmación en la que se asigna a una variable de entrada su valor de pertenencia a una etiqueta de la partición que se ha asignado a dicha variable.

Este valor de lo que se ha venido en llamar valor de la función de pertenencia a una etiqueta lingüística que a su vez representa un conjunto borroso, debe ser interpretado como el grado de verdad de esa afirmación.

Como se puede observar en este caso la regla está compuesta por varias de estas sentencias conectadas por el operador lógico Y. El número de sentencias en el caso estudiado dependerá del número de variables que se hayan usado para generar la variable nueva. Por lo tanto en un principio se construyeron sentencias con este criterio, aunque como se verá más adelante esta sólo es una primera aproximación de la solución definitiva.

En la tabla siguiente se especifican el tipo de sentencias utilizadas para cada una de las variables intermedias así como para la variable final de evaluación.

APR_E	SI Y	ENTONCES
APR_G	SI Y	ENTONCES
APR_T	SI Y Y Y	ENTONCES
APR_P	SI Y Y Y	ENTONCES
APR_C	SI Y Y Y	ENTONCES
APR_Q	SI Y Y Y Y	ENTONCES
APR_R	SI Y Y Y Y Y	ENTONCES
APR_E	SI Y Y Y Y Y	ENTONCES

Dada la estructura de las sentencias utilizadas se hace necesario determinar un procedimiento lógico para agregar los distintos valores de los grados de verdad de los antecedentes de las reglas para poder aplicar la regla de inferencia clásica del *modus ponens*, que como se sabe responde a la estructura SI ENTONCES

La forma de realizar esta labor se ha estudiado de forma profunda por muchos autores a

través de distintos operadores que han venido en llamarse t-normas y que agrupan a distintas soluciones que tienen un comportamiento similar y que representan el operador de la intersección borrosa. Cualquier solución que se proponga para este tipo de operadores han de cumplir las condiciones necesarias para su consistencia. Estas condiciones son las idempotencia, monotonía, conmutatividad y asociatividad.

En sus primeros escritos sobre lógica borrosa Zadeh introdujo la t-norma más elemental que cumple con las condiciones anteriores. Este operador básico sería el «mínimo». Este operador aparte de ser uno de los primeros propuestos en distintos trabajos fue usado en muchas aplicaciones. Esto fue debido fundamentalmente a que en principio responde a la lógica más elemental. Si un juicio está basado en dos premisas, es necesario que las dos premisas sean ciertas para que lo sea el conjunto de las dos. Este hecho hace que el operador «min» sea una extensión del operador lógico Y. Por lo tanto la salida de esa sentencia será cierta sólo si las dos premisa lo son. En el caso en que los grados de verdad no sean totales, como ocurre en el caso que nos ocupa, el grado de verdad de la sentencia total será el mínimo de los grados de verdad de toda la sentencia. Existen otras razones por las que este operador fue usado habitualmente sobre todo en aplicaciones de control, y esto fue debido a su facilidad de cálculo sobre todo en microcontroladores de gama baja.

A pesar de que este operador ha sido usado en muchas ocasiones, evidentemente tiene inconvenientes graves cuando se trata de simular un proceso de evaluación de forma similar a como lo realiza el ser humano. Este inconveniente podría definirse como una excesiva radicalidad del operador min cuando evalúa varias sentencias simultáneamente, al enmascarar valores de alguna parte de la sentencia simplemente por el hecho de que sus grados de verdad son mayores que un mínimo que exista en la sentencia. Dicho de otro modo el operador mínimo no corresponde exactamente con la forma de proceder del ser humano en sus actuaciones o decisiones en las que se sobrepesan todos los términos de la sentencia.

Cuando se estudió esta cuestión para el trabajo que aquí se trata se vio también que este operador era excesivamente simplificador de las sentencias y su comportamiento hacía que el sistema fuese poco sensible a matices que se dan en los casos reales.

Las soluciones que proponen a esta cuestión también han sido estudiadas y en definitiva consisten en encontrar alternativas a este operador o aumentar el número de reglas que incluyan sentencias que evalúen términos considerados importantes en sentencias únicas con objeto de no ser enmascaradas por otros valores y llevar las consecuencias hasta la parte siguiente del proceso de evaluación que es la que se ha denominado en este trabajo la agregación de reglas. De esta manera se podría simular el comportamiento intuitivo humano ante una decisión. Esta última alternativa provoca la expansión desmesurada de la base de reglas y hace que el sistema sea difícil de mantener.

Por lo tanto la solución más efectiva es encontrar un operador mas apropiado que sea capaz de encontrar un equilibrio entre los codicionantes exigidos y la compensación de todos los grados de verdad de los antecedentes.

No cabe duda que la labor que se presenta es difícil por que, además el grado de compensación entre sentencias, es decir, la manera en que unas premisas que no alcanzan su valor

óptimo deben de ser compensadas por su importancia, frente a otras premisas de menos importancia, pero que si alcanzan su valor, depende del contexto en que se esté trabajando y de la propia naturaleza de las variables en cuestión.

Para clarificar este concepto supóngase que se está tratando de evaluar la idoneidad de una máquina para realizar una cierta labor, y como parámetros de medida de este valor se consideran su rendimiento por hora además de su precio.

Es claro que para una persona que se encuentre en este dilema, la máquina óptima es encontrar con una máquina de precio bajo y rendimiento máximo. Si estos valores no son absolutos, es fácil entender que quizás una disminución en su rendimiento puede ser compensado con una disminución importante en su precio. Sin embargo si en otro caso esta idoneidad se midiese por ser la máquina capaz de tener un rendimiento mínimo, es claro que si una máquina no alcanza este rendimiento, por mucho que disminuya su precio no compensa un requerimiento básico como es el primero que se ha mencionado.

En este ejemplo ilustrativo se ve que en el segundo caso el operador absoluto «Y» funciona correctamente, sin embargo en el primer caso su funcionamiento sería muy radical.

Como contrapartida y extremo opuesto al operador restrictivo «Y» se encuentra el operador «O» que vendría representado por la t-norma mas elemental que es el máximo. Con este operador se consigue el efecto contrario, es decir relajar en exceso la parte de premisas.

En medio de estos dos casos extremos se encuentran una gama de comportamientos entre los que cabría buscar el que más semeja al comportamiento humano. En muchos casos es difícil determinar en que zona de esa banda es necesario detenerse para alcanzar el nivel óptimo.

Como se expuso anteriormente la decisión depende en muchos casos del contexto y cuando una persona se encuentra ante este dilema tiene la opción de preguntar para optar en un sentido o en otro. Un sistema de control no tiene esa opción. De todas maneras aquí se ha implementado una opción que en parte trata de compensar esta debilidad a través de lo que se ha venido en llamar políticas de reglas y que se explicará más adelante.

La solución al problema planteado es encontrar un operador en medio de los extremos. En la bibliografía que se ha consultado se han encontrado hasta once t-normas que responden de distinta manera al problema planteado. Todos ellos son operadores cuyo comportamiento se encuentra en la zona intermedia de los operadores «Y» y «O». Algunos de ellos tienen un interés puramente matemático como estructuras que responden a la necesidad de ser estructuralmente una t-norma. Otros son especialmente complejos en su evaluación y por lo tanto su eficiencia computacional es baja. Lo que comparten todos ellos es la propiedad de ser parametrizados, es decir disponen de un regulador, capaz de hacer funcionar el operador de una forma u otra en función del contexto donde se está trabajando, y es labor del desarrollador encontrar el valor más apropiado para que el funcionamiento sea el esperado.

Se necesita encontrar un operador lógico borroso que permita tener en cuenta este grado de compensación característico del ser humano, que represente de forma lo más parecida posible su comportamiento ante una decisión. En los años ochenta se ha desarrollado un operador

por un grupo investigador (5.14, 5.15, 5.16), que en sus estudios mostró que representaba de una forma aceptable el proceso de decisión humana de forma mas exacta que los operadores mínimo o máximo. La formulación matemática de este operador es la que se indica a continuación y el parámetro es el que juega el papel de ajuste del grado de compensación deseado.

$$\mu = [\prod_{i=1}^m \mu_i]^{(1-\gamma)} * [1 - \prod_{i=1}^m (1-\mu_i)]^{(1-\gamma)}$$

Este operador que es el que se ha usado en este trabajo es formalmente una t-norma y cubre el rango completo de las agregaciones que puede realizar el ser humano, desde el grado de compensación total para $\gamma = 1$ y ninguna compensación para $\gamma = 0$. Este modelo es mucho mas complejo que la t-normas y t-comnormas elementales min y max.

Existen otros operadores que también simulan este comportamiento con mayor o menor acierto. Entre ellos cabe destacar por su importancia los siguientes.

$$\mu = \lambda * \max_{i=1}^m \{\mu_i\} + (1 - \lambda) * \min_{i=1}^m \{\mu_i\}$$

Este operador es como se puede ver una combinación lineal entre los operadores extremos máximo y mínimo, que correspondería para los casos del parámetro $\lambda=1$ y $\lambda=0$.

Otro posible operador consiste en una combinación lineal entre el mínimo y la media a través del parámetro λ . Su formulación matemática es la que se indica a continuación.

$$\mu = \lambda/n * \sum_{i=1}^m \mu_i + (1 - \lambda) * \min_{i=1}^m \{\mu_i\}$$

Estos dos operadores que presentan un grado de compensación a través del parámetro λ , en las pruebas que se han realizado no funcionaban de forma deseada y por eso se optó por el primer operador.

El inconveniente del operador escogido es su complejidad de cálculo, sin embargo este inconveniente queda prácticamente anulado en el caso que aquí se trata al no tener que realizar este cálculo en tiempo real, como es el caso de los controladores de dispositivos mecánicos o de otro tipo.

Una vez elegido el operador hay que determinar el grado de compensación γ que se debe introducir, el cual como se ha indicado determina en que posición entre los extremos mínimo y máximo se va a situar el operador. Los seres humanos determinar este grado de compensación de forma intuitiva y dependiendo del contexto en que se realice ésta.

El grado de compensación se ha establecido para cada variable de abstracción en cada bloque de reglas que sirve para generarla.

Existen algún procedimiento sistemático para determinar el grado de compensación a

considerar, pero adolecen de dos problemas a nuestro juicio fundamentales. El primero es que sirven para estimar un grado de compensación para una determinada regla y no para un bloque conjunto, con la complejidad que esto supone. Además, el procedimiento es un poco artificial y carente de base que lo justifique suficientemente.

En el caso que aquí se ha desarrollado y en la aplicación final se ha ido ajustando ese parámetro γ en función de los resultados obtenidos. Se ha partido de un valor de 0.25 y se ha ido variando en función de los resultados obtenidos en incrementos de cinco centésimas. Tal y como se ha ido observando su comportamiento y en función de los resultados que se persiguen se ha determinado que en bloques en donde llegan variables de importancia clave y en las que se quiere castigar los valores negativos ese valor de γ debe estar entorno a 0.4 y en variables intermedias en donde se desee premiar situaciones favorables se debe de incrementar ese valor en torno a $\gamma = 0.7$. Es decir es grado de compensación dependerá del objetivo que se pretenda conseguir.

Los coeficientes γ para los nueve bloques de reglas se indican a continuación y como se observa dependen de la variable que definen y de la política adoptada. En el caso de las políticas que se detallarán más adelante se ha seguido un razonamiento similar, y solo se han modificado para las variables cuyo objetivo coincide con las tres políticas que se han definido, es decir plazo, costo y calidad. En estos tres bloques se ha disminuido el grado de compensación para evitar el enmascaramiento del valor fundamental cuando la política coincide con el objetivo de la variable.

Valores de γ

<i>Bloque</i>	<i>Política</i>		
	<i>Plazo</i>	<i>Coste</i>	<i>Calidad</i>
APR_E	0.6	0.6	0.6
APR_G	0.6	0.6	0.6
APR_T	0.7	0.7	0.7
APR_P	0.3	0.6	0.6
APR_C	0.6	0.3	0.6
APR_Q	0.6	0.6	0.3
APR_R	0.5	0.5	0.5
APR_E	0.4	0.4	0.4

6.3. La agregación de reglas.

Una vez se han introducido las reglas que generarán los valores de las variables intermedias, se harán pasar sobre estos bloques de reglas los valores de las variables iniciales. Durante este proceso los distintos valores de las variables se entrada irán introduciéndose en todas las sentencias de los bloques con objeto de determinar si alguna de estas sentencias se cumple. Caso de suceder esto con alguna de las combinaciones que se introducen en una sentencia se dice que una regla se ha activado. Este proceso corresponde a los ya expuesto mecanismos de

inferencia borrosa descritos en el capítulo anterior (Mamdani, Larsen, etc.).

Este proceso evidentemente extremadamente laborioso para ser realizado de forma manual, es realizado de forma automática por la aplicación desarrollada en este trabajo. De otra forma se considera inviable su cálculo.

Como resultado de la activación de una sentencia, o de lo que podríamos llamar coincidencia con los antecedentes de la misma, se produce la consecuencia de la inferencia borrosa, es decir la asignación de la variable intermedia a un valor de su partición, pero este caso y dado que nos movemos en valores relativos de verdad esa asignación no tiene por que ser con un grado de verdad absoluto, si no que su asignación a la etiqueta lingüística será en muchos casos parcial, aunque también puede ser total. Aparte de este hecho es posible que alguna combinación de entradas cumpla con las premisas de dos o más sentencias que tengan como consecuencia la misma etiqueta de la partición. Este hecho puede producirse un número mayor o menor de veces dependiendo de la base de conocimiento que se haya creado para la variable intermedia.

En cualquier caso si más de una regla da como resultado la misma etiqueta en distintos grados, es decir se activan para la misma entrada, será necesario realizar un proceso de agregación de grados de pertenencia a la etiqueta con objeto de obtener un único valor.

En aplicaciones de control, campo al que nos hemos referido en muchas ocasiones por su gran desarrollo, normalmente no se necesita realizar este proceso por que las bases de reglas son relativamente pequeñas y debido a la propia naturaleza de las variables intervinientes no se suelen dar estas situaciones.

Existen varias formas de realizar ese proceso que corresponden a técnicas que proceden de los estudios realizados en el campo del álgebra de los conjuntos borrosos (Zimmermann, 1983). La agregación que ahora se trata de realizar está más próxima al proceso de disyunción, el operador «O», pues se trata de agregar valores ciertos de variables que ya se han evaluado. Por lo tanto se ha recurrido a una t-comnorma de las muchas que se han definido en la literatura consultada.

Se han estudiado dos opciones para este operador, la t-comnorma por excelencia, el operador «O» y la denominada suma limitada cuya expresión responde a la fórmula

$$\mu = \max(\sum_{i=1}^m \mu_i, 1)$$

Al igual que en el caso anterior la elección de uno u otro operador no se ha de basar en el operador en si, pues ambos cumplen con los axiomas de idempotencia, monotonía, conmutatividad y asociatividad que se exigen a este tipo de operadores, si no en que su comportamiento simule de la mejor forma posible el proceso mental que tratamos de modelar.

Por lo tanto se han probado las dos opciones y se observó que el operador máximo como tal enmascara grados de pertenencia menores de otras reglas que se puedan activar frente al valor máximo que se obtenga. Esto hace que se pierda parte de sensibilidad en la evaluación y el sistema se comporte de forma rígida. Además es posible que un grado de pertenencia grande de

una sentencia oculte un número mayor de grados de pertenencia menores. Como contrapartida este operador refleja bien el hecho de que, en algunos casos, no significa nada que varias reglas se activen a la vez dando lugar a varios grados de pertenencia para la misma etiqueta de una variable, pues puede ocurrir que algunas reglas sean redundantes para determinados casos.

Por su parte el operador de suma limitada se comporta de forma más aglutinadora al tener en cuenta todos los grados de pertenencia de las reglas que se activan, evidentemente con la limitación conceptual a uno. Este hecho puede en determinadas situaciones dar lugar a conclusiones erróneas cuando un grado de pertenencia bajo a una determinada etiqueta se da en dos o tres casos origina un grado de verdad de la agregación próximo a uno.

Después de haber estudiado el comportamiento de los dos operadores se ha observado que en el caso de variables de entrada en que acometen variables directas e inversas se debe usar el operador máximo. En el caso de variables donde todas las entradas son directas se puede utilizar en operador suma limitada.

Finalmente se ha llegado a una solución que se expone en el cuadro siguiente.

<i>Bloque</i>	<i>Política</i>		
	<i>Plazo</i>	<i>Coste</i>	<i>Calidad</i>
APR_E	suma limitada	suma limitada	suma limitada
APR_G	suma limitada	suma limitada	suma limitada
APR_T	suma limitada	suma limitada	suma limitada
APR_P	máximo	máximo	máximo
APR_C	máximo	máximo	máximo
APR_Q	suma limitada	suma limitada	máximo
APR_R	máximo	suma limitada	suma limitada
APR_E	máximo	suma limitada	suma limitada

Dado que los métodos de agregación expuestos tienen ambos pros y contras se ha procurado generar bloques de reglas lo menos redundantes posibles para evitar en la medida de lo posible la entrada en acción de estos operadores.

7. LAS POLÍTICAS DE DECISIÓN.

Una de las ideas que surgió en la etapa del desarrollo del software para la aplicación, dado que el proceso de cálculo se automatizó de forma total, fue la posibilidad de definir distintas formas de comportamiento del sistema ante necesidades distintas de los objetivos finales.

Dado que uno de los objetivos que se plantearon como principales para este trabajo fue el definir un sistema que simule en la medida de lo posible el comportamiento humano ante una toma de decisión, se debe tener en cuenta el entorno en que se toma la misma, debido a que una persona no responde de igual manera a unos estímulos en cualquier tipo de situación. La interpretación que se dan a unos datos son objeto de las prioridades que se hayan definido. Si una persona circula en un vehículo a ciento veinte kilómetros por hora por una carretera, y de pronto

ve una señal que limita la circulación a ochenta, puede que disminuya la velocidad al máximo permitido o quizás mantenga la velocidad pues es imprescindible llegar a determinada hora a su destino, y esta necesidad compense el riesgo de ser multado. Por lo tanto el comportamiento ante la visión de la señal no es automático.

En el caso que nos ocupa esto también puede ocurrir. Es posible que en algunos casos se evalúe de forma distinta una misma entrada de datos en función de los objetivos que se están buscando. Esta idea es la que subyace bajo lo que se ha venido a denominar políticas en este trabajo y que ya se han mencionado anteriormente.

La teoría del control borroso no contempla este hecho de modo formal pues se supone que el comportamiento de un dispositivo es único una vez se han fijado objetivos.

Sin embargo en el caso de la evaluación que aquí se trata si es posible definir varias situaciones en las que el sistema responda distinta. En este trabajo se ha implementado esta opción mediante el desarrollo de tres políticas que coinciden con los objetivos básicos de todo proyecto y que son el plazo, el coste y la calidad.

La forma de realizarlo ha sido construyendo en base a las mismas variables de entrada y salida, así como de la estructura de variables de abstracción, tres bases de reglas diferentes que evalúen de forma las variables que reciben, dando como resultado una evaluación distinta para cada política.

De esta forma se consigue que el sistema ofrezca comportamientos distintos, aunque limitados, tal y como lo haría una persona, con la ventaja de la consistencia que un ser humano sería incapaz de mantener ante tal número de variables de entrada.

En la aplicación realizada se permite escoger la política a seguir con una simple elección en una caja de selección, permitiendo al usuario comprobar el comportamiento del sistema en varios entornos de razonamiento.

La implementación que se ha hecho de este tipo de opción en este caso, produce ligeras desviaciones de comportamiento en determinados casos y en muchos otros los resultados son similares. Esto es así por el tipo de reglas que se han realizado. Sin embargo la idea que aquí se introduce es el hecho de poder razonar de distinta manera simplemente cambiando un módulo del esquema general del controlador borroso, el que se ha venido a denominar motor de inferencia.

8. EL FLUJO DE DATOS.

Llegados a este punto sería se está en disposición de presentar una visión general el funcionamiento del controlador desde el momento en que se introducen los valores de entrada hasta que se obtiene la solución final. El proceso conceptualmente es similar al que se realiza en un circuito electrónico cuando se le introduce una señal eléctrica que viaja por su interior y finalmente genera otra señal en su salida.

En el caso que nos ocupa la señal eléctrica será un flujo de datos que ira disminuyendo en

cantidad de los mismos, pero que irá aumentando en carga conceptual hasta llegar a obtener el dato final buscado.

Sería demasiado pretencioso decir que este proceso es similar al que se realiza en la mente de una persona cuando se le presenta una serie de premisas y se le dice que obtenga una conclusión y todo ello basado en su entendimiento y experiencia, pues este proceso es evidentemente mucho más complejo que el que aquí se presenta, pero no cabe duda que existe una similitud grande y podríamos decir que es una primera aproximación importante. Sin embargo, pesar de ser un proceso más simple, presenta algunas ventajas respecto al proceso que pueda realizar una persona. En primer lugar es muchísimo más rápido, no depende de influencias externas y es capaz de ser consistente a pesar del gran número de valores que entran en juicio.

Las variables no borrosas introducidas en una primera instancia son borrosificadas para determinar sus grados de pertenencia a los conjuntos borrosos de cada una de sus particiones correspondientes. En las variables que ya se han introducido como etiquetas borrosas ya no es necesario realizar este proceso, pues es el evaluador el que inconscientemente ya lo hace al optar por un valor de la partición.

Estos grados de pertenencia a los conjuntos borrosos de las particiones de entrada, son encaminados según el esquema general del controlador en los correspondientes bloques de reglas. En cada uno de estos bloques se van comprobando una a una todas las reglas que lo componen para ver si la combinación de entrada cumple con alguna de ellas. El cumplimiento de una regla se basa simplemente en el hecho de que los valores introducidos cumplan simultáneamente con todos los antecedentes de la misma. Caso de ocurrir eso la regla se activa y se calcula el correspondiente consecuente.

El grado de cumplimiento del antecedente se calcula mediante la agregación antes mencionada, y en caso de que más de una regla se active y tenga como consecuente un mismo conjunto borroso, será necesario realizar la agregación correspondiente según se haya definido para ese bloque de reglas.

Las variables generadas en la primera capa pasarán o no a capas posteriores, según el esquema general, y recibirán de nuevo el mismo tratamiento, dando lugar a su vez a otras variables de la segunda capa, que junto con algunas de la primera entrarán en el bloque final para terminar su circuito determinando la evaluación final.

El valor final obtenido es una variable borrosa que indica cuatro valores de pertenencia a los conjuntos difusos de su partición.

El proceso termina con la desborrosificación de este valor a través de alguno de los varios procedimientos que existen. Este paso, imprescindible en los procesos de control clásicos, tiene una importancia, a nuestro juicio, menor en los procesos de toma de decisión como el que nos ocupa, aunque también necesario si se quiere al final obtener una clasificación ordenable.

A diferencia con los procesos ordinarios de control en el que el proceso de desborrosificación se oculta, en este caso se ha optado por dejarlo transparente con objeto de mostrar al decisor el motivo final del valor numérico obtenido. Además se le permitirá escoger

entre dos métodos de desborrosificación con una carga conceptual distinta, para que él estime el más oportuno para el caso que se está tratando.

Estos dos métodos de desborrosificación se detallarán más adelante cuando se describa la aplicación que se ha desarrollado.

9. UN MÉTODO SISTEMÁTICO PARA LA CREACIÓN DE UNA BASE DE CONOCIMIENTO EXPERTO.

Una de las tareas más complejas que se ha visto a la hora de implementar el controlador ha sido el desarrollo de la base de conocimiento o las bases de reglas. Como se ha determinado en secciones anteriores para cubrir todos los casos posibles de combinaciones en el caso aquí presentado, se hacen necesarias dictar mil ochocientas noventa y nueve reglas. Esa cantidad es en el supuesto de que todas las sentencias tengan igual número de entradas en sus antecedentes y que este número sea el máximo posible, es decir, sea igual al número de variables que aco- meten a la variable que se quiere calcular.

Como punto de partida se realizó, no sin dificultad, esta base de 1899 reglas. En la literatura consultada no se ha encontrado un procedimiento sistemático para la realización de esta labor. Esto es debido en parte a que, como ya se ha dicho, las bases de reglas en control puro son muy pequeñas y su determinación es relativamente sencilla.

A medida que se desarrollaban los primeros bloques de reglas se vio la dificultad de formular las mismas cuando el número de variables de entrada era mayor de tres. En este caso esto ocurría con siete de las variables a calcular.

Esta dificultad no estaba originada simplemente en el número de variables que se evaluaban simultáneamente, si no en la propia naturaleza de las mismas y en su grado de influencia sobre la variable que iban a generar. Además influye también en número de particiones que están definidos en cada variable de entrada.

Para bloques cuyo número máximo de reglas es menor de doscientas se puede razonar con relativa facilidad y consistencia. Esto ocurre en las variables APR_E, APR_G, APR_T, APR_P, APR_C, APR_Q, APR_CG. En estas variables se hizo un razonamiento directo basado en la experiencia de los directores de tesis y del propio doctorando y en función de las tres políticas que se definieron. La labor aunque tediosa se realiza razonando sobre valores lingüístico y nunca sobre valores numéricos, lo cual proporciona una facilidad para el razonamiento intuitivo que en el caso de tener que realizarlo en base a rangos de números sería muy difícil mantener una consistencia a lo largo de todo el bloque.

Después de la experiencia realizada, se ha llegado a la conclusión de que el mejor razonamiento se realiza de forma intuitiva leyendo la premisas y eligiendo de forma rápida una de las posibles etiquetas de la variable de salida. En el supuesto de que la persona que está construyendo el bloque tenga cierta experiencia en el tema, se pudo comprobar que el razonamiento era bueno en un tanto por ciento alto de los casos una vez que se repasaron los valores obtenidos.

En un principio se construyeron reglas enteras, es decir, reglas que contienen el mismo

número de términos que las variables que entran en el bloque. Como se verá más adelante esto se modificará, pero de entrada es la solución de partida más buena.

Como es lógico, y tal y como se ha definido, no todas las variables que entran en un bloque tienen el mismo peso. Además de esto existen variables que afectan negativamente a la variable de salida y otras que afectan positivamente. A las primeras se le denominarán variables directas y a las segundas variables inversas.

Para los bloques en los que se obtiene más de doscientas reglas se procedió de la siguiente manera. A cada una de las etiquetas de las particiones para cada variable se le asignó un número en función de su importancia en la variable calculada, por ejemplo para una variable de poca influencia positiva se le asignó unos coeficientes a las etiquetas de 1,2,3. Si la variable era de más influencia, a juicio del evaluador se le asignaban, valores mayores, por ejemplo, 4,5, 6. Si la variable es inversa se invierte el signo de los coeficientes. Así por ejemplo a una variable se le asignan los coeficientes -3,-2-1.

Dado que las variables que se generan internamente son todas directas para las de la siguiente capa, se fijaron unos intervalos para las sumas de los distintos coeficientes de las variables en cada una de las sentencias. Además como todas las variables intermedias tienen particiones de tres elementos se fijaron también tres intervalos. Una vez hecho este paso se fue asignando la salida de cada regla en función del intervalo en el que encajaba la suma de los valores asociados.

Mediante este procedimiento se fueron creando todas las reglas para los bloques de más de doscientas reglas. Hay que decir aquí que con este procedimiento se consigue una primera aproximación para la solución definitiva, aunque como se verá las bases de reglas sufrirán un proceso posterior que reducirá de forma sistemática su número y que se expone más adelante.

Antes de realizar este proceso se observó además que en determinadas sentencias, y a juicio de los desarrolladores, unos determinadas etiquetas de valores en la parte izquierda de la partición de variables importantes, hacían que no importasen cuales fueran los valores de las otras variables que entraban en la sentencia. Esto conducía a una serie de sentencias iguales a las que se han denominado macrorreglas. Se crearon varias macrorreglas para cada bloque que facilitaron el trabajo de creación del sistema. Estas macrorreglas se vio más adelante que podían sustituirse todas ellas por sentencias de menor número de antecedentes. El número de antecedentes será el que mida la potencia de una macrorregla, de tal manera que la macrorregla más potente es la que solo pose un bloque «SI ...».

Para valores en la parte derecha se la partición no se observó el efecto simétrico, es decir no se encontró ningún valor que siendo tan positivo para la evaluación de la variable compensase las ocurrencias de los otros valores de la sentencia. Esto es normal en la forma de razonar siempre y cuando se establezcan juicios de tipo conservador. De todas maneras este procedimiento deja la libertad para desarrollar macrorreglas en uno u otro sentido. Las que aquí se utilizaron son las que a juicio de los desarrolladores se consideraron más oportunas.

Este procedimiento deberá hacerse para las distintas políticas que se deseen generar, y los coeficientes e intervalos se adaptarán a las mismas a juicio de los desarrolladores.

Por el procedimiento anteriormente descrito se fueron confeccionando todas las reglas de los distintos bloques. En esta situación se pudo probar en sistema, pues ya se había implementado la aplicación informática que permitía realizar todas las operaciones antes descritas. Hay que decir que la evaluación manual es inviable a efectos prácticos.

Dejando aparte el proceso de desborrosificación en el que se entrará más adelante, se observó en un principio que el sistema era muy rígido en su funcionamiento, aunque los resultados eran acordes a lo esperado. La rigidez se manifestaba en el hecho de que debido a que como en todos los bloques de decisión se habían construido reglas con el número máximo de variables de entrada, la decisión final sólo se obtenía cuando se habían introducido todas las variables de entrada. Dicho de otro modo el sistema sólo era capaz de responder cuando tenía todos los elementos de juicio introducidos. Este hecho en principio es lógico pues al igual que una persona que toma una decisión, necesita tener todos los elementos de juicio para poder emitir una opinión.

Además se observó un fenómeno curioso que hizo derivar en unos cambios que han llevado a obtener la solución definitiva con un ahorro sustancial en el número de juicios.

Este fenómeno que describiremos a continuación no se da en controladores de sistemas por la propia naturaleza en sí de los mismos. Se observó que en sentencias en las cuales había antecedentes positivos y negativos y el consecuente que se había obtenido, ya sea por razonamiento directo o por los coeficientes de ponderación descritos anteriormente, era también positivo o negativo, ocurría que si es dichas sentencias se aumentaba el grado de verdad de un antecedente de signo opuesto al consecuente evidentemente el grado de verdad de la sentencia total también aumentaba (el operador gamma es creciente positivo). Este hecho, aunque lógico, al tratarse de etiquetas lingüísticas con una carga conceptual no meramente cuantitativa, como ocurre en los controladores físicos, no parecía acorde con el proceso de razonamiento humano.

Este hecho condujo a un proceso que consistía en eliminar en cada regla los antecedentes de signo contrario al consecuente y manteniendo las partes centrales de las particiones. En variables de cuatro etiquetas se mantenían sin tocar los dos elementos centrales. Se realizó este proceso en todas las mil ochocientas noventa y nueve reglas de la base de conocimiento inicial.

Este proceso condujo a una serie de resultados que se comentan a continuación.

En primer lugar se observó que a medida que se iban eliminando términos de algunas reglas se empezaban a repetir algunas de ellas las cuales se fueron eliminando. Eso produjo una reducción drástica del número total de reglas usadas, quedando finalmente el número total como se indica en la siguiente tabla.

Nombre de la variable

Capa 1	Capa2	Evaluación Final	Número reducido de reglas
APR_E			8
APR_G			9
APR_T			18
	APR_CG		20
	APR_CT		173
APR_P			67
APR_C			57
APR_Q			46
APR_R			246
		APR_EV	407

Total de Reglas 1051

Hay que notar llegado a este punto que esta eliminación de antecedentes de signo contrario al consecuente es lógico pues en cierta medida viene a decir que este antecedente no cuneta para el evaluador pues a pesar de su presencia el evaluador ha optado por un consecuente de signo contrario, evidentemente fruto de otros antecedentes en la sentencia del mismo signo del consecuente elegido. Solo en los términos medios se mantienen todos los antecedentes pues en estos casos al ser valores intermedios no se aprecian incompatibilidades claras.

Como consecuencia de esta reducción del número de reglas y de los antecedentes en algunas de ellas se observa que el sistema es algo más flexible y empieza a responder incluso sin haber introducido todas las variables de entrada. Este hecho evidentemente depende de los valores que se están introduciendo. Esto no ocurría con la base inicial en la que había que introducir todos los valores para obtener una respuesta por parte del sistema.

Finalmente se observó que durante este proceso de reducción, algunas reglas se quedaban con un sólo antecedente coincidiendo conceptualmente con el concepto de macrorregla que se había usado para construir la base de reglas inicial. Este hecho da una idea de la buena orientación que se ha seguido en el proceso descrito.

El proceso que se ha descrito podría resumirse en los siguientes pasos los cuales constituyen un procedimiento sistemático par la generación de bases de reglas en sistemas de apoyo a decisión.

- 1.- Creación de la base de reglas total por razonamiento directo o por coeficientes.
- 2.- Eliminación de incompatibilidades.
- 3.- Eliminación de reglas duplicadas.

Posteriormente a estos tres procesos es necesario unas pruebas que pueden hacer necesario añadir o modificar puntualmente alguna regla que no funcione de forma adecuada.

10. LA SOLUCIÓN FINAL.

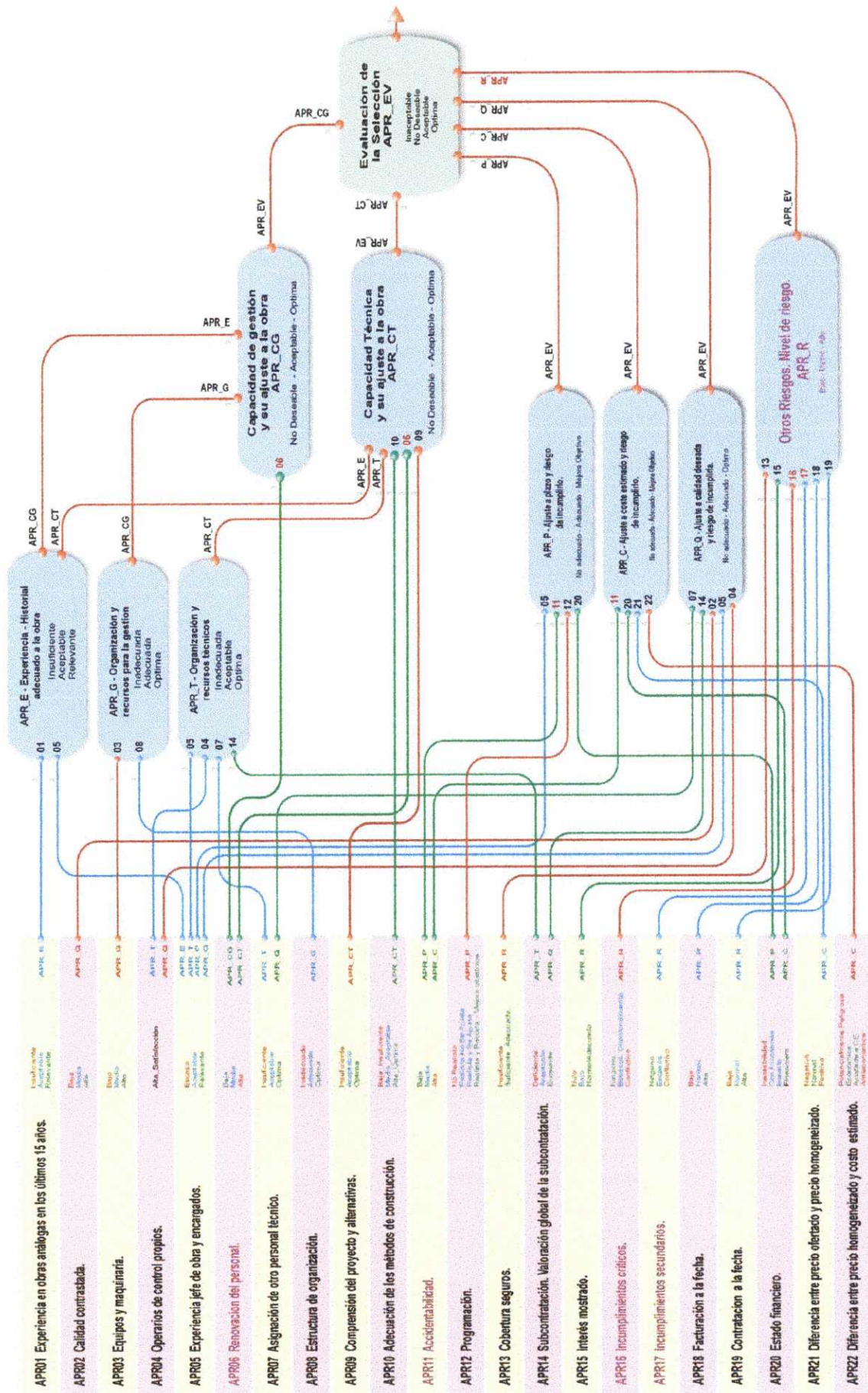
A continuación se expone un esquema general del controlador borroso en el que pueden verse las variables de entrada a si como las variables intermedias y las conexiones entre las mismas. En las paginas posteriores se muestran los bloques de reglas completos utilizados como punto de partida para la aplicación del método que se ha expuesto anteriormente. La base de conocimiento final que se ha utilizado en la aplicación informática se describirá en el capítulo posterior que describe la misma.

Los colores de las conexiones indican el grado de importancia sobre la variable generada. Se indican tambien para cada variable las etiquetas de su partición correspondiente. Los procesos de borrosificación de las variables no borrosas que se introducen no se indican aquí, pero pueden consultarse en las páginas previas en donde se describen dichas variables.

Los procesos adoptados de desborrosificación final de la decisión por el cual se obtienen valores ordenables de las decisiones obtenidas se describen en el capítulo siguiente en donde se describe la aplicación informática creada y que realiza todo el proceso de cálculo.

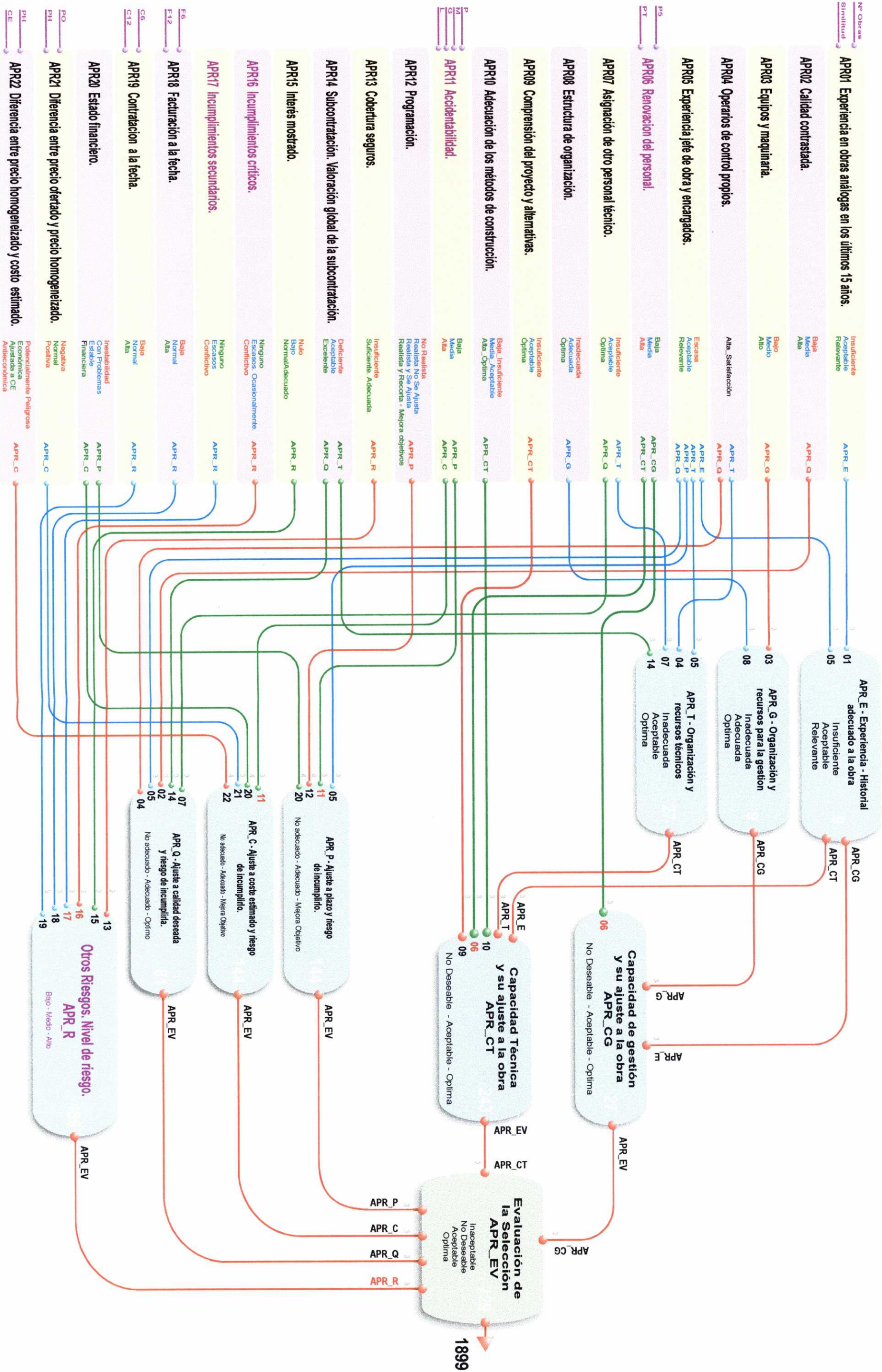
11. LOS BLOQUES DE REGLAS.

Con objeto de facilitar la lectura de este trabajo, se exponen en el ANEXO II el conjunto inicial completo de reglas que ha servido, como punto de partida, para definir las bases de conocimiento finales que se han usado en la aplicación. Esta base de conocimientos la que posteriormente se ha reducido según el procedimiento expuesto anteriormente.





CONTROLADOR BORROSO PARA SELECCIÓN DE CONTRATISTA EN CONTRATACIÓN CONVENCIONAL



CAPÍTULO 5.

UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA DE LA TÉCNICA DEL CONTROL BORROSO EN LA TOMA DE DECISION PARA LA SELECCIÓN DE CONTRATISTAS.

Contenido:

1. Introducción.
2. Objetivos.
3. El lenguaje escogido.
4. El organigrama de la aplicación.
5. La interfase de la aplicación.
6. Los menús de la aplicación.
7. Las ayudas al usuario.
8. El código fuente.

CAPÍTULO 5.

UNA APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA DE LA TÉCNICA DEL CONTROL BORROSO EN LA TOMA DE DECISION PARA LA SELECCIÓN DE CONTRATISTAS.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso que se ha descrito en los capítulos precedentes, muestran a las claras que si se pretende la implementación real de esta aplicación con fines prácticos, se hace necesario el desarrollo de una aplicación informática que lo haga. Los motivos son varios, aunque fundamentalmente la necesidad reside en la gran cantidad de cálculos que es necesario realizar para la evaluación.

La realización manual del procedimiento descrito en el capítulo anterior hace que el proceso se vuelva lento, impreciso y no operativo, por lo cual uno de los objetivos previstos en cuanto a utilidad práctica no se cumplirían. Es por este motivo que se vio desde un principio claramente la necesidad de implementar el método a través de un programa informático.

Ya que hoy en día se dispone de software y hardware de altas prestaciones, la realización de todos los procesos que se necesitan, pasan de ser una ardua tarea casi inabordable, a convertirse en unas simples pulsaciones en un ratón. Lo que podría llevar horas de tedioso cálculo se convierte en unas décimas de segundo por parte del software desarrollado.

2. OBJETIVOS

Como con cualquier otro proyecto en general, en el desarrollo de una aplicación informática deben establecerse unos objetivos generales con objeto de poder definir la metodología a aplicar que permitan que el desarrollo posterior no tenga indefiniciones que retrasen su terminación.

En la aplicación que aquí se ha desarrollado los objetivos prioritarios que se fijaron fueron los siguientes:

1.- La aplicación debe ser sencilla de utilizar.

Dado que los posibles usuarios no tienen por que ser expertos en el manejo de ordenadores personales, la aplicación será sencilla y fácil de utilizar. La interfase con el usuario será clara y presentará ayudas para que el mismo entienda el significado de los datos que se le solicitan. Dado que fundamentalmente esta aplicación captura una gran variedad de datos, de los cuales muchos será un a simple selección de una etiqueta lingüística, y cuyo significado puede variar según el contexto, se informará de forma interactiva al usuario del significado concreto que se le da a las distintas variables de entrada.

2.- La aplicación debe ser precisa en sus cálculos.

Al contrario de lo que parece en un principio, los sistemas de control borrosos tiene una

carga grande de proceso numérico. Las formulas utilizadas y el carácter recursivo de algunos procesos hacen que un valor numérico pase por varios procesos de cálculo, lo cual exige precisión en los mismos. Este objetivo está garantizado por la fiabilidad de las herramientas de desarrollo que se han utilizado y que se describirán más adelante.

3. - La aplicación debe ser estable y no presentar errores en tiempo de ejecución.

Este es un requisito obligado en cualquier programa informático. Además de su estabilidad, y debido a los entornos multitarea con los que trabaja hoy en día, debe asegurarse su compatibilidad con cualquier otra aplicación informática que se esté ejecutando simultáneamente, es decir, será estable en si misma y no afectar a la estabilidad de terceros.

4.- La aplicación ha de ser rápida en su respuesta.

Por razones ya apuntadas anteriormente que tienen que ver con la potencia de los microprocesadores que utilizan las computadoras de hoy en día este requisito está prácticamente garantizado. En el caso que nos ocupa los tiempos de cálculos son prácticamente nulos. El proceso de cálculo en casi instantáneo.

5.- La aplicación debe tener una instalación mínima.

Aunque no se han pensado con fines comerciales, la aplicación debe ser fácil de instalar en el computador y no tener prácticamente instalación. Además se procurará que el tamaño sea lo menor posible para que se pueda transportar en un simple disco o una unidad de CD.

6.- La aplicación se ejecutara en los sistemas operativos convencionales.

La aplicación se desarrollará para sistemas los sistemas operativos más usuales que se ejecutan en las computadoras de las que dispone un usuario de tipo medio.

3. EL LENGUAJE ESCOGIDO

La aplicación se ha realizado en un lenguaje habitual para el desarrollo de aplicaciones en entorno gráficos. La herramienta escogida en este caso es el entorno de desarrollo DELPHI 5 de la empresa Borland. Esta es una herramienta de programación orientada a objetos que presenta unas facilidades grandes en cuanto a creación de interfases, facilidad en la programación, compactación de ejecutables, etc.

Esta herramienta es el desarrollo en modo gráfico del lenguaje PASCAL que fue tan utilizado hace algunos años en programas en los que se requería un potencia de cálculo elevada.

La evolución a entornos gráficos de todas las herramientas de desarrollo ha llevado a este lenguaje a lo que se denomina hoy día el OBJECT PASCAL.

Existían otras alternativas a este lenguaje como podían ser Visual Basic, Visual C++, u otros. Debido a que, en el caso de Visual Basic, la necesidad de la presencia en tiempo de

ejecución de librerías propias, y en el caso de Visual C++ de la complejidad en la programación, ha animado a la elección de DELPHI para desarrollar la aplicación.

Este lenguaje permite crear aplicaciones de 32 bits totalmente independientes que se ejecutan en cualquier máquina compatible que ejecute un sistema operativo ya sea W95, W98, WNT, W2000 o WMillenium.

Las aplicaciones generadas están libre de derechos y no es necesario de tener ninguna aplicación simultánea en tiempo de ejecución del tipo «runtime».

4. EL ORGANIGRAMA DE LA APLICACIÓN

La aplicación que se ha desarrollado sigue prácticamente al pie de la letra el proceso descrito en capítulos precedentes. Se ha creado en primer lugar una interfase de usuario. En un principio se pensó en crear dos pantallas, una para la entrada de datos y otra para mostrar el resultado de la evaluación final. Esta idea se descartó por varios motivos. El primero de ellos es que, debido a que las pantallas y las resoluciones con las que se trabaja hoy en día, se disponía de espacio suficiente en una sola pantalla para mostrar tanto la entradas como las salidas del sistema. Pero fundamentalmente se escogió el tener sólo una pantalla para permitir al usuario ver de forma simultánea e interactiva todo el proceso, de tal manera que pudiera hacer cambios en las entradas y ver al instante las modificaciones en las salidas obtenidas simplemente pulsando un botón.

Esta pantalla es la única que verá el usuario quedando todo el proceso de cálculo interno transparente para el usuario final, de tal manera que sólo tendrá que introducir datos y obtener resultados.

Los datos introducidos por el usuario son fundamentalmente de dos tipos. Unos son valores numéricos que el usuario deberá introducir a través de unas cajas de diálogo conforme al significado descrito anteriormente. Otras serán simplemente elecciones en cuadros de chequeo ante las cuales el usuario deberá elegir la opción que el considere más oportuna.

Los primeros datos son procesados en primera instancia por un módulo de borrosificación para ser convertidos en valores lingüísticos. Estos valores junto con los que ya no necesitan ser borrosificados pasan a las bloques de reglas, según el esquema general, para ver si la combinación correspondiente de variables que se introduce en cada bloque, activa alguna de las reglas que esos mismos bloques contienen.

Para cada bloque se comprueban una a una todas las reglas. Si una regla se activa se determina su consecuente así como su grado de verdad, y este valor si ha lugar se vuelve a introducir en la siguiente caja. Si algún consecuente se obtiene en varias reglas se realiza la agregación correspondiente y se pasa a la capa siguiente.

Este proceso se realiza para todos los bloques de reglas hasta llegar al bloque final del cual se extraerá la salida borrosificada en forma de vector de cuatro valores que representan los grados de verdad de las etiquetas en las que se ha particionado la variable de evaluación final.

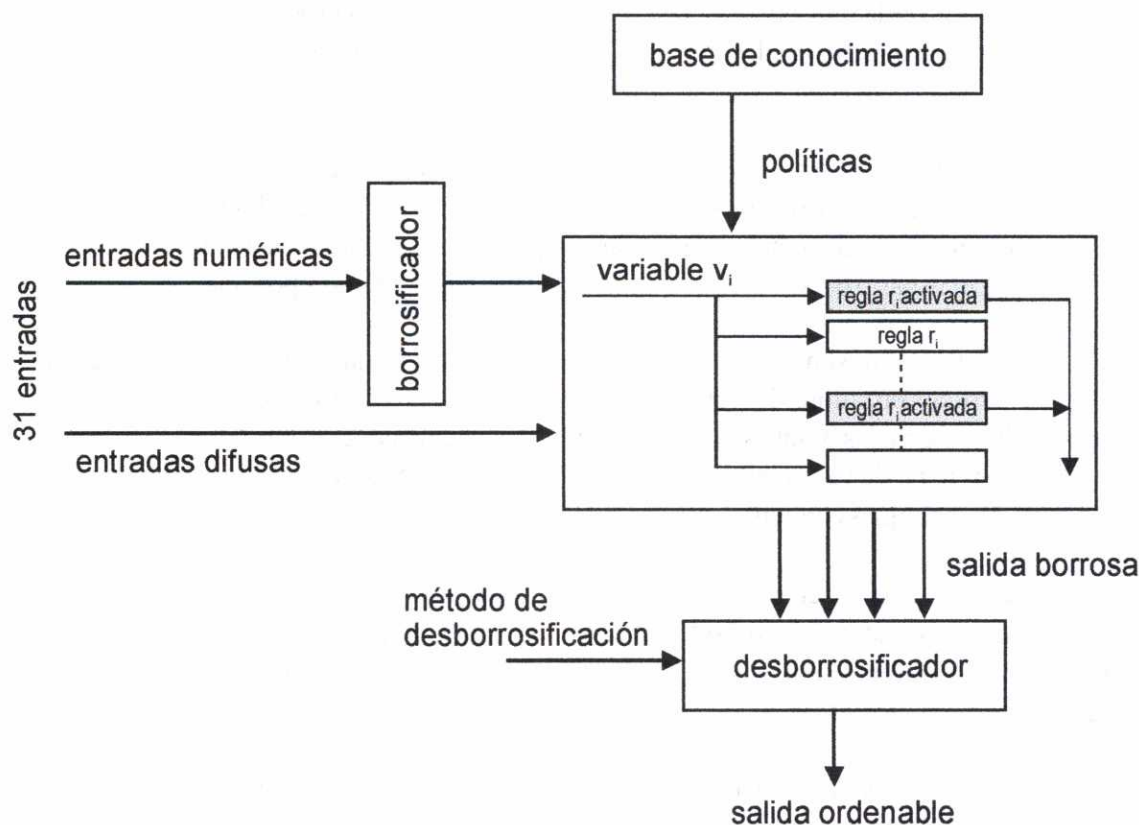
El último proceso que se realiza es el cálculo de la desborrosificación para obtener una salida ordenable con objeto de clasificar los caos que se estudien.

En la aplicación que se ha realizado se han propuesto dos métodos de desborrosificación de entre los cuales el usuario puede escoger uno u otro de forma muy sencilla sin tener que volver a introducir todos los valores.

El proceso de cálculo que se muestra en el esquema adjunto muestra el flujo de datos desde la introducción de las variables iniciales hasta la obtención de la salida final. En este esquema se puede ver que las distintas políticas de decisión son introducidas a través de ficheros que son enviados, junto con el fichero de datos a una librería de enlace dinámico que es llamada por la aplicación y que es la que a través de las funciones *firSetShellValue*, *firGetShellValue* que tiene implementadas se encarga de recoger los valores de las entradas y devolver el resultado final.

Durante la evaluación se pasan todas las variables por la mil cincuenta y una reglas definidas para ver cuales de ellas se activan o no, y se realizan los procesos de agregación de antecedentes como de consecuentes que se han descrito anteriormente.

El programa se encarga de capturar los valores devueltos por la librería y mostrarlos en la pantalla. Finalmente realiza el proceso de desborrosificación según la elección que ha escogido el usuario.



Esquema de flujo de datos.

5. LA INTERFASE DE LA APLICACIÓN

En la figura adjunta se muestra la interfase de usuario que se ha construido para la aplicación. Como se puede ver consta de un formulario dividido en varias secciones en las que se incluyen tanto la entrada de datos como la salida de variables aclaratorias, además de la salida final sin y con borrosificación. Se incluyen además unos menús y el pulsador que lanza el cálculo.

APR. Sistema de Apoyo a la Decisión para la Selección de Contratistas.
Archivos Aleatorio Opciones Evaluación Ayuda

Empresa Proyecto	07. Asigna. otro personal técn. <input type="checkbox"/> Insuficiente <input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input checked="" type="checkbox"/> Óptima	13. Cobertura de seguros <input type="checkbox"/> Insuficiente <input checked="" type="checkbox"/> Suficiente - Adecuada	19. Contratación últimos meses 6 Últimos = 16.25 12 Anteriores = 25.00 Índice Contratación = 1.30	21. Precio homog. - P. Ofertado P. Ofertado = 341.00 P. Homoge. = 289.85 Índice PH - PO = -0.15
01. Experiencia obras análogas Nº Obras = 3 Similitud = 0.80 Índice de Experiencia = 0.48	08. Estructura de organización <input type="checkbox"/> Inadecuada <input checked="" type="checkbox"/> Adecuada <input type="checkbox"/> Óptima	14. Subcontratación <input type="checkbox"/> Deficiente <input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Excelente	20. Estado financiero <input type="checkbox"/> Inestable Problemas leves = 0.00 Estable = 1.00 Capacidad Fin. = 0.00	22. Precio Homog. - Coste estim. P. Homoge. = 289.85 Coste Estimado = 269.56 Índice PH - CE = 0.08
02. Calidad contrastada Baja = 0.00 Media = 1.00 Alta = 0.00	09. Comprensión del proyecto <input type="checkbox"/> Insuficiente <input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Óptima	15. Interés mostrado <input type="checkbox"/> Nulo <input checked="" type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> Normal - Adecuado	Capacidad gestión 6% ND. A. O.	Capacidad técnica 12% ND. A. O.
03. Equipos y maquinaria propia <input type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> Medio <input type="checkbox"/> Alto	10. Adecuación métodos cons. <input type="checkbox"/> Insuficiente - Baja <input checked="" type="checkbox"/> Aceptable - Media <input type="checkbox"/> Óptima - Alta	16. Incumplimientos críticos <input type="checkbox"/> Ninguno <input checked="" type="checkbox"/> Escasos - Ocasionalmente <input type="checkbox"/> Gran Conflicto	Ajuste a plazo y r. i. 0% NA. A. MD.	Ajuste a coste y r. i. 0% ND. A. O.
04. Operarios de control propios Nº Operarios = 3 Grado de adecuación = 1.00	11. Accidentes 2 u. años Personal total = 60 A. mortales = 0 A. graves = 0 A. leves = 6 Índice Accidentabilidad = 0.10	17. Incumplimientos secundarios <input type="checkbox"/> Ninguno <input checked="" type="checkbox"/> Escasos - Ocasionalmente <input type="checkbox"/> Gran Conflicto	Ajuste a calidad y r. i. 0% NA. A. MD.	Ajuste a calidad y r. i. 0% NA. A. O.
05. Jefe de obra - encargados Escasa = 0.00 Aceptable = 1.00 Relevante = 0.00	12. Programación y su ajuste <input type="checkbox"/> No Realista <input type="checkbox"/> Realista - No Se Ajusta <input checked="" type="checkbox"/> Realista - Se Ajusta <input type="checkbox"/> Realista - Mejora Objetivo	18. Facturación últimos meses 6 Últimos = 193.00 12 Anteriores = 386.00 Índice Facturación = 1.00	Política a seguir: plazotot Empresa	Botones: Inaprop. No Desc. Acepta. Óptimo Evaluar 17.70 1.00 0.35 0.00 0.00

Como se puede ver la pantalla esta dividida en secciones numeradas del uno al veintidós, en las que se introducen los valores que el evaluador, a la vista de la documentación del evaluado de que disponga y las gestiones realizadas, deberá rellenar según su criterio.

Estas secciones según la variable de que se trate disponen de entradas de tres tipos:

- Entradas numéricas: En ellas se introduce directamente el valor que se desea y el programa calcula en índice correspondiente. Este cálculo es instantáneo y se realiza en cuanto se produce un cambio cualquiera en los valores que lo generarán.

- Entradas numéricas borrosas: Se realiza a través de cajas numéricas limitadas al intervalo $[0, 1]$, en donde el usuario introduce el grado de pertenencia que a su juicio más se ajusta a la etiqueta correspondiente que acompaña a la caja. Estos valores del grado de pertenencia a la etiqueta borrosa conceptualmente no son mutuamente exclusivos. Es decir se permite que una variable tenga asignación a varias etiquetas simultáneamente. Aunque esto es posible y así se ha permitido en la aplicación, en casos normales se debería asignar un grado de verdad a una sola etiqueta.

- Entradas borrosas puras: Estas entradas de variables son similares a las anteriores únicamente que en este caso sólo se permiten valores discretos o cero o uno, tal y como se han definido las variables. Esta entrada se hace mediante cajas de selección. Al igual que en el caso anterior se permite asignar más de una etiqueta a una variable simultáneamente, pero no es aconsejable. No se ha impedido esta posibilidad para hacer resaltar el hecho de lo difuso de algunos conceptos con los que se trata en este tipo de cuestiones, en la que es difícil asignar un número, pero es más sencillo asignar una etiqueta lingüística.

Después de la introducción de variables se muestran las variables intermedias de cálculo, que se han denominado variables aclaratorias, que justifican la evaluación final adoptada. Aunque en el sistema creado se disponen de nueve variables intermedias distribuidas en dos capas, únicamente se le muestran al usuario las seis que atacan directamente a la evaluación final, con objeto de no recargar de información y además por el hecho de que las otras tres que no se muestran son variables de la primera capa que son más tarde procesadas por otros bloques de reglas de la segunda capa y por lo tanto pierden su protagonismo directo sobre la evaluación final.

Finalmente se muestra una sección en la que se encuentra un cuadro de selección en donde el usuario deberá escoger el tipo de política con la que quiere que se produzca la evaluación. Estas políticas deben haber sido creadas previamente para poder ser escogidas. También existe un botón que se encarga de lanzar el proceso de cálculo. Finalmente se muestran cuatro barras con sus correspondientes etiquetas numéricas que muestran los valores de pertenencia a las etiquetas de la partición borrosa de la variable de salida.

El proceso final se completa con otra barra y su etiqueta que representa, en una escala de cero a cien, el valor numérico obtenido después del proceso de desborrosificación de la variable de salida, con objeto de facilitar la ordenación numerable de las salidas que se obtengan en las distintas evaluaciones.

6. LOS MENUS DE LA APLICACIÓN

La aplicación cuenta también con unos menús que permiten realizar ciertas acciones y que se describen a continuación.

- Menu **ARCHIVO**. En este menú se permite toda la gestión de ficheros de datos que se utilizan para las variables de entrada. Dado que la entrada de datos es relativamente grande se vió la necesidad de poder almacenar los datos de un determinado contratista para poder ser cargados posteriormente sin necesidad de volver a introducirlos nuevamente. Los submenús de que se dispone son:

- *Nuevo*: Crea un formulario en blanco con los valores por defecto para poder realizar una nueva evaluación.

- *Abrir*: Abre un fichero con la extensión *.APR en donde se almacenan todas las variables de entrada si como los valores obtenidos en la última evaluación.

- *Guardar como*: Permite a partir de los datos de un formulario abierto hacer cambios y guardarlo con otro nombre distinto al que se abrió, con objeto de facilitar la entrada de datos en el caso de un mismo contratista en el que se mantienen unos datos y se necesita variar sólo unos pocos.

- *Imprimir*: Permite obtener una copia impresa del formulario principal para poder almacenar en papel distintas evaluaciones para posteriormente trabajar sobre ellas en el proceso de decisión final que pueda surgir posterior a la evaluación por parte del ordenador. No hay que olvidar que la decisión final debe ser siempre tomada por una persona o grupo de personas. La salida del ordenador simplemente ayudará a la toma de la decisión final y permitirá trabajar con un número de variables grande de forma rápida y coherente.

- Menu **ALEATORIO**. Este menú fue creado para realizar pruebas durante el proceso de evaluación, y si la aplicación se pretendiese distribuir debería de quitarse. Los submenús de los que dispone son:

- *Generar aleatorio*: Dado que la entrada de datos se hace realmente tediosa cuando hay que introducir muchos casos, se creó esta opción que permite crear de forma aleatoria y automática posibles casos que se evalúan con objeto de ver el comportamiento del controlador en todo tipo de situaciones. Hay que notar aquí que como los casos son aleatorios muchos de ellos no serán realistas y carecen de sentido práctico. Sin embargo el poder ver el comportamiento del sistema ante cualquier combinación de las veintidós variables de entrada ha servido para probar la fiabilidad y estabilidad de la base de conocimiento introducida.

Posteriormente se observó que dado que las bases de reglas que se crearon eran muy restrictivas o muy exigentes, los casos aleatorios que se obtenían tenían una tendencia clara a ser casos simple valorados del lado izquierdo de la partición de la variable de salida. Este hecho no indica mal funcionamiento si no simplemente que en las bases de reglas introducidas priman más las reglas que castigan variables no favorables que reglas que premian valores favorables. Por tal motivo bastaba que una o dos variables aleatorias directas fuesen generadas en la

parte izquierda de la partición para que se activase alguna regla que penalizase la evaluación final. Esto hacía que había que generar muchos casos para obtener alguna combinación que fuese valorada positivamente.

- *Generar aleatorio bueno*: Para solucionar esta cuestión anterior y poder obtener de forma rápida casos más favorables que sean valorados hacia la parte derecha de la partición de la variable de salida, sin tener que generar muchos casos, se creó esta opción que realiza la generación de casos aleatorios, pero evitando que ninguna variable sea escogida con valores en la parte izquierda de la partición para variables directas, y en la parte derecha para variables inversas. Con esta selección sesgada hacia la zona de casos más favorables se obtienen siempre situaciones que están más hacia la zona derecha de la partición de salida, pues como ninguna variable toma nunca el valor peor no se activarán reglas que hagan muy negativa una selección. De este modo se obtienen casos más propicios para ser evaluados en la zona derecha de la partición de salida.

- *Generar fichero automático*: como complemento a las opciones anteriores se ha creado este submenú que genera un fichero con un número de casos creados aleatoriamente para ser evaluados posteriormente, es decir, genera un fichero, que se puede almacenar en el disco duro, con el número de casos aleatorios que indique el usuario.

- *Procesar fichero*: Carga un fichero generado con la opción anterior y va procesando caso a caso. La evaluación obtenida la almacena de nuevo en formato csv. Este formato es accesible por otras aplicaciones para su procesamiento posterior.

- **Menu DESBORROSIFICACIÓN**. En este menú se permite escoger el tipo de desborrosificación que se va a realizar para obtener un valor concreto de la evaluación final y así poder realizar una ordenación de los posibles resultados obtenidos.

El proceso de desborrosificación traduce el resultado lingüístico que se ha obtenido de la inferencia en un valor numérico. Muchos de los sistemas requieren este paso por la salida deseada necesita ser numérica en vez de lingüística. En sistemas de control siempre es necesario realizar esta desborrosificación pues una acción de control exige el cambio en algún parámetro medible numéricamente, ya sea temperatura, velocidad, etc.

En el caso de la toma de decisiones que aquí se trata no sería estrictamente necesario realizar esta desborrosificación pues no existe una acción de control que así lo requiera, sin embargo es aconsejable definir como punto final un número que trate de englobar los resultados obtenidos en las etiquetas lingüísticas, con objeto de tener un parámetro ordenable para poder definir una clasificación final. Hay que tener en cuenta que tal y como se ha planteado esta solución no se trata de elegir el candidato más apropiado según esta clasificación final, si no que este valor, junto con los valores de las etiquetas obtenidas de la evaluación final, conjuntamente, sirvan para ayudar a la toma de la decisión definitiva. Por lo tanto los valores borrosos como el valor obtenido con su desborrosificación deben plantearse como complementarios.

En la literatura consultada existen varios métodos de desborrosificación. En el capítulo cuatro se apuntó alguno de ellos. El objetivo de la desborrosificación es derivar un valor no borroso que mejor represente el valor difuso de la variable lingüística de salida.

Seleccionar el mejor método de desborrosificación es una tarea mas compleja que su propia determinación por las consecuencias que conlleva. Es fácil entender que se trata de concentrar la información de un vector en un escalar, entendiendo por vector un ente con una carga de información mayor que la de un escalar. todo proceso de desborrosificación conlleva una cierta pérdida de información por el motivo antes comentado. En aplicaciones de control este efecto no es tan importante debido a la propia naturaleza de la salidas, sin embargo en sistemas de ayuda a la decisión la propia naturaleza de las variables de salida conllevan una carga conceptual que puede perderse en el propio proceso de desborrosificación. Es por ello que en la aplicación este proceso no se oculta y el usuario ve las variables que generarán la salida desborrosificada.

Existen fundamentalmente dos enfoques con los que se pueden definir métodos de desborrosificación. En el primero que podríamos denominar compensatorio se trataría de encontrar un equilibrio entre los valores obtenidos teniendo en cuenta todos ellos en el mismo grado. Otra opción sería el tener en cuenta todos los valores pero no por igual sino dándole más importancia a los que hubieran obtenido un mayor valor de pertenencia a su etiqueta correspondiente con objeto de valorar precisamente este hecho.

Es difícil decir con cual de las dos opciones decidirse porque en situaciones de procesos de control claramente alguno de los enfoques es a todas luces inválido por los resultados que genera sobre el dispositivo que controla, pero en cuestiones de toma de decisión siempre será opinable y no se puede afirmar que uno es mejor que el otro.

Existe una condición que deben de cumplir los métodos de desborrosificación que se creen para sistemas de control, que es el de ser continuos, es decir, que ante cambios pequeños en las variables de entrada no se produzcan cambios drásticos en las salidas obtenidas. Esta condición tiene mucho que ver con la exigencia de estabilidad a la que se ha hecho referencia en varias ocasiones, pero que en el caso de la toma de decisiones, y en el caso que nos ocupa, no tiene, a nuestro juicio, por que darse. De hecho en determinadas situaciones un cambio de etiqueta en alguna variable considerada trascendental puede alterar de forma notable la salida al activar alguna macroregla que fundamente esa importancia. Por este motivo no se tendrá en cuenta este principio básico a la hora de generar los métodos de desborrosificación para esta aplicación.

Dentro de la primera familia de soluciones el método más habitual es el denominado Centro de Gravedad, el cual, haciendo un símil mecánico de las áreas que representan las gráficas de los conjuntos borrosos de la salida, determina el centro de gravedad del conjunto de dichas área tomadas como un todo, y considera a la coordenada sobre el eje x de ese centro de gravedad, el valor definitivo de la evaluación.

Este método se ha implementado en la aplicación y a nuestro juicio funcionaría bien en casos en que las evaluaciones de las distintas etiquetas fuesen sesgadas hacia uno u otro lado de la partición. En este caso sería un buen método de desborrosificación. En casos en que el espectro de salida fuese más amplio, podría darse situaciones en que la compensación propia de este método maquille valores perjudiciales para los objetivos del proyecto.

En el caso aquí resuelto este problema se ve mitigado porque el evaluador ve tanto la

salida borrosificada como la no desborrosificada, con lo cual este posible enmascaramiento es más perceptible. En la aplicación creada al ser los conjuntos borrosos del tipo singleton, se han considerado los grados de pertenencia a las etiquetas de salida como barras de peso el propio grado de pertenencia y se ha calculado su centro de equilibrio.

Dentro de la segunda familia de los posibles métodos de desborrosificación se ha planteado una solución denominada en la aplicación balance positivo negativo. En este método se ha considerado no sólo el valor de pertenencia a la etiqueta de salida si no que además, se tiene en cuenta la posición relativa de la propia etiqueta dentro de la partición. En definitiva se le da más importancia a ciertas etiquetas que a otras en función de su posición y tanto en la parte positiva como en la negativa.

Podría hacerse un símil como el de una balanza en la que el eje del fiel esta en el centro del intervalo. Por lo tanto los pesos más alejados a un lado y a otro de lcentro tienen más valor que los próximos al mismo. En el caso que nos ocupa las variables con más peso serían la etiquetas extremas INACEPTABLE, OPTIMA, y las de menos valor NO DESEABLE, ACEPTABLE.

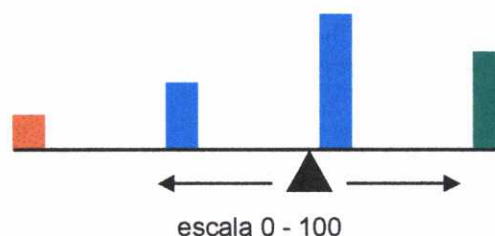
Este método a nuestro juicio debería funcionar bien para casos en los que hubiera disparidad en la salida y esta estuviese difuminada por todo el intervalo.

Lo que está claro es que en cualquier caso todas las evaluaciones de un mismo proyecto deberían ser desborrosificadas con el mismo método. Seria el usuario quien a su buen entender y en función de las salidas obtenidas debería decidir cual método utilizar.

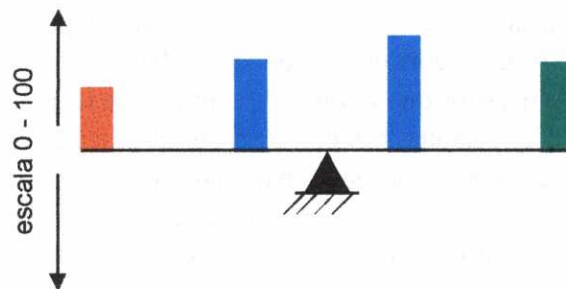
Claramente en sistemas de apoyo a la decisión la elección de un método u otro dependerá mucho del contexto en que se esté trabajando. Para poder realizar esta labor de forma rápida se han implementado dos opciones. En primer lugar mediante la elección en el menu que se está describiendo. Antes de ejecutar la evaluación se debería ir al menu OPCIONES DE EVALUACION y escoger de entre los dos métodos propuestos. Otra opción es pulsando con el botón derecho en cualquier punto de la sección de evaluación, haciendo esto se desplegara un menu interactivo que permite hacer el cambio en el método de desborrosificación.

En definitiva los submenús de este menu son:

- Centro de gravedad: realiza la desborrosificación por centro de gravedad.



- Balance positivo-negativo: realiza la desborrosificación por balance positivo-negativo.



7. AYUDAS AL USUARIO

Con objeto de ayudar a comprender y hacer un poco más transparente el proceso que está ocurriendo durante la evaluación, se han implementado unas ayudas visuales que a nuestro juicio facilitarán al usuario a comprender los motivos por los cuales el sistema responde de una forma u otra, ayudándole esta información a tener más juicios de valor para optar por la decisión final.

Al ser un problema multivariable tan complejo es difícil retener en la cabeza de forma simultánea todos los parámetros con los que se está jugando. En la interfase que se ha contruido, en las variables que son introducidas directamente en forma de cajas de selección o de etiquetas con grado de pertenencia variable, un simple vistazo a las mismas, y a su etiqueta asociada, revela de forma clara el valor lingüístico que están tomando, pues ellas en sí ya son introducidas como variables borrosas. Esto no ocurre con las variables que se han denominado calculadas, las cuales son introducidas por parámetros cuantitativos que no revelan en principio nada sobre el valor borroso que está tomando la variable difusa asociada.

Para solucionar esta cuestión se ha implementado la siguiente opción. Cuando en una variable calculada se introducen los valores que la generan el programa calcula el índice correspondiente y determina el mayor de los grados de pertenencia a los conjuntos borrosos que se han definido en su partición. Según donde esté situado este conjunto borroso el color del texto que indica el índice cambia a rojo si ese conjunto está situado en la parte izquierda de la partición, a azul si está situado en el centro y finalmente a verde si lo está en la parte derecha. Esto ocurrirá para variables directas, para variables inversas la secuencia de izquierda a derecha será verde, azul y rojo. De esta manera y de forma visual el usuario puede estimar de forma cualitativa la posición en la partición de una variable y ver si es la posible cuasante de una evaluación negativa.

Otra de las soluciones implementadas es la de representar en pantalla simultáneamente a entradas y salidas, las variables intermedias que atacan la decisión final. Esto se ha realizado a través de barras de colores que representan las distintas etiquetas ed las particiones de esas variables. Estas barras crecen en altura al aumentar el grado de pertenencia a alguna de ellas. La altura gráfica de la barra va acompañada de una etiqueta que representa el valor numérico, en una escala 0-100, de la misma. Estos valores son obtenidos en un paso intermedio antes de calcular la evaluación final a través de otra llamada a la función *ftrGetShellValue* ya mencioanda anteriormente.

A nuestro juicio la visualización de estas variables intermedias representa una ayuda grande a la hora de comprender el proceso convergente del que se ha venido hablando en capítulos anteriores y ayuda a explicar la decisión que se tome. Al contrario de lo que ocurre en el proceso de toma de decisión con el que las personas razonan, en el que es difícil estructurar y particionar el proceso deductivo, pues éstas basan su decisión en ocasiones en algo tan inconcreto como lo que se viene en denominar intuición, experiencia, etc., en este caso el proceso de razonamiento es posible particionarlo e ir siguiendo su evolución de una forma sencilla. Evidentemente no se trata de sustituir la mente humana, lo cual a nuestro juicio nunca será posible, pero no deja de ser una primera aproximación que incluso presenta ciertas ventajas.

En la misma línea con que se viene argumentando, en el sentido de hacer lo más transparente posible el proceso de selección que se está llevando a cabo, se ha implementado una tercera opción que tiene que ver con las conexiones internas de las variables de las capas uno y dos. En el esquema general del proceso de razonamiento se indicaba las líneas de unión entre variables. En el programa si se quiere ver cuales de las veintidós variables afectan a una de las seis que generan la salida final se pulsará con el botón derecho del ratón sobre la opción OCULTAR. Al hacer esto todas las cajas que albergan las variables de entrada que no generan la variable sobre la que se ha efectuado la pulsación desaparecen momentáneamente de la pantalla, y sólo se muestran las que tiene influencia directa sobre la misma. De esta manera se ve de forma muy clara la justificación del valor que esta tomando esta variable y se puede realizar de forma muy sencilla el seguimiento de la misma.

Si se vuelve a hacer una pulsación con el botón derecho sobre la misma variable y se elige MOSTRAR TODO, se restaura la visión de todas las cajas y los valores que tenía previamente asignados.

Finalmente, y con objeto de que el usuario sepa en todo momento lo que se le está consultando a la hora de hacer sus elecciones en el formulario de entrada, sobre todo en aquellas variables de carácter más cualitativo, se ha incluido una ayuda interactiva de tal manera que cuando el usuario pasa el puntero del ratón sobre la caja que contiene la entrada en la línea de estado de la ventana principal se hace una descripción más detallada de la variable en cuestión. Si además retiene unos segundos el puntero sobre la misma caja, esa misma información surge al lado del puntero en modo de etiqueta. De esta forma al usuario le queda más claro sobre lo que se le está cuestionando, que si sólo contara con la etiqueta sencilla que describe la caja.

8. CODIGO FUENTE

En el Anexo III continuación se lista el código general de la aplicación en la que se pueden comprobar los métodos, cálculos y opciones descritas anteriormente. Hay que tener en cuenta que dado que la aplicación se ha desarrollado con una herramienta de las denominadas orientada a objetos el código se refiere únicamente al flujo general de la aplicación y de datos. Todo lo que se refiere a interfases y procedimientos en objetos están implementados por el propio lenguaje en sí, o las llamadas al API del sistema operativo. Lo que se pretende decir es que el código sería mucho más extenso si la aplicación hubiese sido creada en otro lenguaje no orientado a objetos.

CAPÍTULO 6.

CONCLUSIONES, APORTACIONES Y FUTUROS DESARROLLOS.

Contenido:

1. Conclusiones.
2. Aportaciones y cumplimiento de objetivos.
3. Futuros desarrollos.
4. Difusión de resultados.

CAPÍTULO 6.

CONCLUSIONES, APORTACIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

1. CONCLUSIONES

Al iniciar este trabajo se vio que la tarea que se pretendía realizar al querer simular el proceso de razonamiento de un ser humano mediante un procedimiento cuasi mecánico, era como pretender crear un ser inteligente. El sólo pensamiento en la complejidad de la mente humana hacía prever que el objetivo era prácticamente inalcanzable, y de hecho, en el sentido estricto de la palabra lo es.

Basta hacer una reflexión sobre el estado actual de los sistemas mecánicos que tratan de simular los movimientos de una persona a través de la construcción de robots, para darse cuenta que el los principio del siglo XXI, los más avanzados sistemas y mecanismos de última tecnología presumen de ser capaces de realizar una tarea tan compleja como es el subir una escalera sin perder el equilibrio.

Este hecho tan simple y cotidiano para una persona, se considera uno de los logros más elevados en el proceso de tratar de crear seres semejantes al ser humano, en la vertiente de su comportamiento mecánico.

Ni que decir tiene que la complejidad de simular el proceso de adquisición de conocimiento y la capacidad de razonar del ser humano es una labor a nuestro juicio aún mucho más ardua. Sin embargo el hombre desde hace ya tiempo intenta crear sistemas que traten de semejarle a él con el objetivo final de, como ya se ha mencionado, redimirlo de las tareas propias de las máquinas.

A pesar de la complejidad de los mecanismos con la que un ser humano es capaz de razonar, complejidad de la que la ciencia aún desconoce en parte, no cabe duda de que éste adolece de ciertas deficiencias que en principio parecen incompatibles con una máquina tan sofisticada. Algunas de estas deficiencias por ejemplo es la capacidad limitada de cálculo, la memoria selectiva no controlable, la capacidad de almacenamiento limitado de información, etc.

Algunas de estas deficiencias son sin embargo características que presentan ciertas máquinas con relativa facilidad y, a la vista de los tiempos que corren, se presentan casi sin límites.

Vemos por lo tanto que si el hombre trabaja conjuntamente con las máquinas que ha creado forma un equipo cuyos logros en principio son ilimitados.

Aunque la capacidad de razonar es inherente al ser humano, se han planteado sistemas que, aunque relativamente sencillos en su concepción son susceptibles, en determinadas condiciones de simular el proceso de razonamiento del ser humano y como consecuencia de este hecho tomar ciertas decisiones.

Desde que en los tiempos de los primeros matemáticos, estos se interesaron por tratar de esquematizar el proceso de razonamiento a través de la invención de una nueva ciencia que se denominó lógica, no se han producido grandes avances hasta mediados del siglo pasado en que se introdujeron de forma sistemática los conceptos de la lógica borrosa.

Estas ideas han llevado a la implementación de mecanismos de razonamiento que basados en los principios de la lógica clásica han supuesto un avance en el caso en el que las premisas sobre las que se razona no son estrictamente verdad o mentira.

Existen muchas cuestiones de las ciencias y la ingeniería, en las que las afirmaciones que se puedan hacer entorno a una cuestión puedan ser clasificadas como verdades absolutas. En el campo de la construcción no cabe duda de que muchas de las cuestiones con las que habitualmente se trata están más bien cerca de lo opinable que de la afirmación rotunda. Decir que un proyecto es viable por que se han calculado unos ratios económicos determinados sería una aventura, y sería más adecuado afirmar que los ratios económicos apuntan a que el proyecto será viable, pero evidentemente todo esto estará sujeto a muchas variables hasta cierto punto incontrolables.

Hablar de que el nivel de riesgo de una determinada inversión en una obra es el 23% carece de significado conceptual y sería más ilustrativo presentar una calificación de riesgo a través de una palabra como podría ser «bajo».

Por otra parte se observa que a medida que los países crecen y se desarrollan, su nivel de bienestar crece, y la importancia del costo de un producto queda un poco aparte si la satisfacción que con él se va a obtener compensa el costo requerido. El mundo de la construcción tampoco es ajeno a estas cuestiones y tal y como se ha comentado el precio ha dejado de ser una variable definitiva de decisión para optar por una solución u otra.

Después de todo lo expuesto se puede afirmar:

- La tecnología del control borroso es susceptible de implementar sistemas de apoyo a la decisión en condiciones de incertidumbre.

- El proceso de selección de contratistas, tal y como se viene enfocando en los últimos tiempos, en el que se tienen en cuenta variables a veces muy difíciles de cuantificar, responde a un sistema que puede ser implementado con el esquema de un controlador borroso, desde el momento en que, en función de unos datos de entrada de diversas naturalezas tiene que generar una conclusión, al igual que un sistema esa conclusión generará una acción de control.

- Los mecanismos de inferencia borrosa pueden simular de forma bastante aproximada el proceso de razonamiento de una persona en condiciones de incertidumbre.

- El razonamiento en base a etiquetas lingüísticas permite más fácilmente al ser humano realizar ciertos razonamientos o aseveraciones de tipo abstracto que la simple comparación de valores numéricos.

- Cuando las variables de entrada son elevadas, resulta muy difícil para una persona man-

tener una consistencia en el razonamiento para un número de casos elevado.

- El sistema aquí desarrollado puede simular de forma relativamente correcta el comportamiento de un experto, del cual ha captado su conocimiento en base a un conjunto de sentencias que él mismo a creado

2. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS Y APORTACIONES.

El alcance u objetivos que se fijaron en su momento para el presente trabajo de investigación y que fueron aprobados por la Comisión de doctorado de la Universidad de La Coruña consistían en:

1. Concepción global del sistema de apoyo a la decisión, como sistema que puede incluir varios controladores, que realiza preguntas para dirigir la rutina a cada uno de ellos y que ofrece al usuario sus conclusiones.

2. Determinación de los parámetros o variables de entrada y de salida que se tendrán en cuenta para la evaluación.

3. Desarrollo del esquema del controlador que incluye la definición de la variables intermedias o de abstracción así como sus conexiones internas.

4. Definición de la base de conocimiento experto a través del desarrollo de la base de reglas.

5. Ajuste del mismo a una política definida.

6. Prueba final de comportamiento del sistema a través de un conjunto de casos concretos generados al azar.

7. Implementar esta solución mediante una aplicación informática denominada APR, que realiza de forma total lo expuesto anteriormente y que queda abierta a posibles ampliaciones.

Todos los objetivos quedan completamente desarrollas con la aplicación informática que se ha realizado, pues para ello es imprescindible las realización de todos los pasos anteriores. La aplicación creada responde a las premisas iniciales y su comportamiento es acorde con lo que se esperaba. Hay que decir llegados a este punto, que tal y como se ha concebido este sistema el comportamiento final es el que se esperaba, pues dejando aparte errores en el procesado de variables o errores en la codificación, el comportamiento de la aplicación depende única y exclusivamente de las bases de conocimiento que se hayan introducido.

También es momento para decir que la solución planteada no pretende ser la mejor. Simplemente se ha propuesto una tecnología relativamente moderna para ser utilizada en un campo, el de la selección de contratistas, que al momento de escribir este texto no se conoce que se haya aplicado, y como complemento se ha desarrollado un caso práctico según el mejor entender del doctorando y sus directores y basándose en su experiencia.

Esto quiere decir que es sistema es susceptible de ser mejorado, en todos sus aspectos, y no por que el presentado aquí no funcione correctamente, si no porque quizás no cumple las necesidades que un caso concreto se necesitan. En ese caso, como el sistema que se presenta es modular se pueden hacer cambios en las variables de entrada, base de conocimiento y procesos de borrosificación y desborrosificación, manteniendo el esquema general inalterado.

En definitiva la aportación general de esta tesis es el haber construido de forma artificial una máquina de razonamiento en condiciones de incertidumbre que funciona de una forma pre-fijada y fácilmente configurable.

3. FUTUROS DESARROLLOS.

Esta línea de investigación puede extenderse en el futuro fundamentalmente en dos líneas. La primera de ellas sería la mejora de la aplicación creada, en lo que se refiere sobre todo a poder tener el control visual por parte del operario de la base de conocimiento. Sería bueno que se pudiesen ver de forma interactiva las reglas que se activan en cada momento para poder depurar las mismas de una forma más fácil que como se hace en este momento que es manual. También sería muy operativo poder modificar la base de conocimiento en tiempo de ejecución para poder introducir modificaciones en las mismas o crear nuevas reglas en función del comportamiento deseado. A su vez sería una buena mejora el poder introducir, también en tiempo de ejecución, y a petición del usuario, modificadores lingüísticos de las etiquetas para poder realizar evaluaciones con dichos modificadores aplicados a las variables de entrada. Esta prestación sería bastante compleja de implementar aunque a nuestro juicio muy interesante.

En la otra línea mencionada se podría implementar el aprendizaje del comportamiento del sistema en base a unos patrones de comportamiento que se introducirían, para que el sistema aprendiese y se autoarreglase de forma autónoma. Para realizar eso sería necesario aplicar coeficientes de ponderación en la base de conocimiento que serían los que se adaptarían en función de los datos introducidos. En esta misma línea se podría construir una red neuronal que simulase el comportamiento de un experto en función de unos patrones de entrada creados por él mismo.

4. DIFUSIÓN DE RESULTADOS.

Las principales revistas que tienen que ver con el tema que se trata en esta Tesis son (por orden alfabético y marcadas con un asterisco las que están indexadas ISI – Science Citation Index):

- Decision Science (*)
- Decision Support Systems (*)
- Estudios de Construcción y Transporte
- IEEE Transactions on Engineering Management (*)
- IEEE Transactions on Fuzzy Systems (*)
- IIE Transactions (*)
- Informes de la construcción
- Ingeniería Civil
- International Journal of Project Management

- Journal of Construction Engineering and Management – ASCE (*)
- Journal of Management in Engineering (*)
- Journal of the Operational Research Society (*)
- Project Management Journal

Los principales Congresos con evaluación estricta que tienen que ver con el tema que se trata en este proyecto son los organizados sobre esta materia (dirección de proyectos -project management-, gestión de proyectos en la ingeniería -engineering management-, ingeniería y dirección de proyectos de construcción -construction engineering and management-, e informática aplicada a los anteriores campos) por el IEEE (Institution of Electrical and Electronics Engineers; EEUU), el ASCE (American Society of Civil Engineers; EEUU), el PMI (Project Management Institute; EEUU), la IPMA (International Project Management Association; Suiza) o la ORS (Operational Research Society; UK), entre otros.

Con respecto a la difusión de los resultados, se considera fundamental la publicación de sendos artículos con los resultados del proyecto primero de los objetivos de este proyecto:

- En una revista indexada ISI – Science Citation Index como, por ejemplo, IEEE Transactions on Engineering Management o ASCE Journal of Construction Engineering and Management.

- Y en una revista española, como Informes de la Construcción (del Instituto Eduardo Torroja; CSIC), o las revistas Ingeniería Civil o Estudios de Construcción y Transporte, del Ministerio de Fomento.

Hasta ahora no ha sido posible realizar dichas publicaciones dado que el doctorando es profesor del programa propio y, para mantener su puesto, debe ser Doctor antes de una determinada fecha, siendo el plazo de que realmente se ha dispuesto para realizar la Tesis muy reducido. No obstante, se está preparando ya un artículo para ser enviado a una revista indexada ISI.

Las anteriores publicaciones se tratarán de hacer de manera directa; es decir, no se prevé, a priori, la publicación en Congresos, ya que lo que realmente se desea es la publicación de sus resultados en revistas ISI – Science Citation Index. Por otro lado, la publicación en Congresos tiene mayores costes e impacto normalmente inferior al de las revistas. De todas formas, si en su momento la situación económica del equipo en el que se enmarca el doctorando fuese buena, se trataría de enviar alguna comunicación a Congresos para ganar experiencia en este campo y recoger las oportunas apreciaciones sobre el trabajo que se está haciendo.

the organization. The organization's mission and vision statements are the primary drivers of the organization's strategy. The organization's mission statement is a statement of the organization's purpose and its commitment to its stakeholders. The organization's vision statement is a statement of the organization's long-term goals and its commitment to its stakeholders.

The organization's strategy is a plan of action that guides the organization's operations. The organization's strategy is developed by the organization's top management. The organization's strategy is based on the organization's mission and vision statements. The organization's strategy is a plan of action that guides the organization's operations. The organization's strategy is developed by the organization's top management. The organization's strategy is based on the organization's mission and vision statements.

The organization's strategy is a plan of action that guides the organization's operations. The organization's strategy is developed by the organization's top management. The organization's strategy is based on the organization's mission and vision statements.

The organization's strategy is a plan of action that guides the organization's operations. The organization's strategy is developed by the organization's top management. The organization's strategy is based on the organization's mission and vision statements.

The organization's strategy is a plan of action that guides the organization's operations. The organization's strategy is developed by the organization's top management. The organization's strategy is based on the organization's mission and vision statements.

The organization's strategy is a plan of action that guides the organization's operations. The organization's strategy is developed by the organization's top management. The organization's strategy is based on the organization's mission and vision statements.

The organization's strategy is a plan of action that guides the organization's operations. The organization's strategy is developed by the organization's top management. The organization's strategy is based on the organization's mission and vision statements.

- Alsina, C. (1992); «El cálculo con subconjuntos borrosos», en «Aplicaciones de la lógica borrosa» (Editores: Trillas, E., Gutiérrez, J.), pp. 23-32, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España.
- Angelov, P. y Zamdjeev, N. (1994); «An approach to fuzzy optimal control via parameterized conjunction and defuzzification». *Fuzzy Systems and A. I.*, 2(1), pp. 53-57.
- Aranda, J., Morilla, F., Fernández, J.L. (1993); «Lógica matemática», Editorial Sanz y Torres, Madrid, España.
- Aranda, J., Fernández, J.L., Jimenez, J., Morilla, F. (1999); «Fundamentos de lógica matemática». Sanz y Torres. Madrid.
- Ayres J., Bowden D., Diehl L., Dorcas P., Harrison K., Mathes R., Ovais R. y Tobin M.; «Núcleo del Api Win32». ISBN 8492392622.
- Bandler, W. y Kohout L.J. (1980); «Fuzzy power sets and fuzzy implication operators». *Fuzzy Sets and Systems*, 4(1), pp. 13-30.
- Bouchon, D., Cossalter, P. (1999), «Marchés de maîtrise d'oeuvre dans la construction publique», Ed. Le Moniteur, Paris, Francia, ISBN 2-281-12267-0.
- Cantu M.; «La biblia de Delphi 5». ISBN 8441509948.
- Carlsson, C. (1984); «Fuzzy systems: basis for a modeling methodology». *Cybernetics and Systems*, 15(3-4), pp. 361-379.
- Castro, J.L. (1994a); «Conjuntos y lógica borrosa», en «Fundamentos e introducción a la ingeniería fuzzy» (Editor: Trillas, E.), pp. 23-33, Omron Electronics, S.A., Madrid, España.
- Castro, J.L. (1994b); «Fuzzy logics as families of bivaluated logics». *Fuzzy Sets and Systems*, 64 (3), pp. 321-332.
- Champion, S.L. (1994); «Public sector tendering policies». M. Eng. thesis, Department of Civil Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, N.B.
- Charte Ojeda F.; «Programación con Delphi 5». ISBN 84-415-0967-0.
- Chameau, J. L. y Santamarina J. C. (1987); «Membership functions I, II». *Inter. J. of Approximate Reasoning*, 1(3), pp. 287-301, 303-317.
- Chang, S. S. L., Zadeh L.A. (1972); «On fuzzy mapping and control». *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, 2(1), pp. 30-34.
- Chaudhuri, B.B. y Majumder D.D. (1982); «On membership evaluation in fuzzy sets». En Gupta, M. M. y E. Sanchez, eds., *Approximate Reasoning in Decision Analysis*. North-Holland, New York, pp. 3-11.
- Chinyio, E.A., Olomolaye, P.O., Kometa, S.T., Harris, F.C. (1998), «A needs-based methodology for classifying construction clients and selecting contractors», *Construction Management and Economics*, Vol. 16, pp. 91-98.
- Clough, R.H. (1994); *Construction contracting*. 6th ed. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Coffin, M.A., Taylor, B.W. (1996); «Multiple criteria R&D project selection and scheduling using fuzzy logic», *Computers in Operations Research*, Vol. 23, nº 3, pp. 207-220.
- Commission of the European Communities (1992); «Strategic study on the construction sectors. US Construction Industry», working document prepared by Centre for Strategic Studies in Construction, University of Reading (UK) / WS Atkins International Limited (UK), Directorate General for Internal Market and Industrial Affairs, Commission of the European Communities, Document F2347/ECC.2.
- Consejería de Política Territorial, Obras Públicas y Vivienda (2000), «Pliego de cláusulas administrativas particulares que regirán en el concurso por el procedimiento abierto para la adjudicación de obras», Xunta de Galicia, Santiago de Compostela.
- Construction Industry Board (1997), «Code of practice for the selection of main contrac-

- tors”, Thomas Telford, London, UK.
- Cox, E. (1994), “The fuzzy systems handbook. A practitioner’s guide to building, using, and maintaining fuzzy systems”, Academic Press Inc., ISBN 0-12-194270-8.
 - Czogala, E. y pedrycz W.(1982); «Fuzzy rule generation for fuzzy control». *Cybernetics and Systems*, 13(3), pp. 275-293.
 - de la Cruz, M.P. (1998). “Una metodología integrada para la respuesta y el control ante los riesgos y oportunidades en proyectos de construcción”, Tesis Doctoral presentada a la Universidad Politécnica de Madrid para obtener el grado de Doctora en ingeniería industrial, Ed. M.P. de la Cruz (ISBN 84-8497-898-2).
 - del Caño, A. (1992), “Continuous project feasibility and continuous project risk assessment”, *International Journal of Project Management* (UK), vol. 10 n° 3, pp. 165-170.
 - del Caño, A., de la Cruz, M.P. (1993), “El estudio de viabilidad continuo y la evaluación continua del riesgo: otras herramientas de apoyo”, *Actas del IX Congreso Nacional de Ingeniería de Proyectos*, Valencia, Octubre 1993, organizado por la Universidad Politécnica de Valencia y por la Asociación Española de Ingeniería de Proyectos (AEIPRO), pp. 221-230.
 - Delgado, M. (1992); “Toma de decisiones en ambiente borroso”, en “Aplicaciones de la lógica borrosa” (Editores: Trillas, E., Gutiérrez, J.), pp. 75-88, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España.
 - Department of Transportation (2000), “Federal Acquisition regulations”, www.arnet.gov/far, Department of Transportation, EEUU.
 - Diekmann, J.E. (1992); “Risk analysis: lessons from artificial intelligence”, *International Journal of Project Management*, Vol. 10, n° 2, pp. 75-80.
 - Dirk, L.; «Gran libro Delphi 5». ISBN 84-267-1290-8.
 - Dombi, J. (1982); «A general class of fuzzy operators, the De Morgan class of fuzzy operators and fuzziness measures induced by fuzzy operators». *Fuzzy Sets and Systems*, 8(2), pp. 149-163.
 - Dubois, D., Prade, H. (1995); “Fuzzy sets and systems. Theory and applications.”, Academic Press, Inc., ISBN 0-12-222750-6.
 - Dubois, D., Prade, H. (1985); «A review of fuzzy set aggregation connectives». *Information Sciences*, 36(1-2), pp. 85-121. 1985.
 - Ebert L. (1997), “Project evaluation by fuzzy lift-slab model”, *Proceedings of the Project Management Institute 28th Annual Seminars & Symposium*, Chicago, Illinois, USA, October 1997, pp. 15-19.
 - Esteva, F. (1992); “Cálculo con relaciones borrosas”, en “Aplicaciones de la lógica borrosa” (Editores: Trillas, E., Gutiérrez, J.), pp. 33-50, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España.
 - European Commission (1997); “The single market review. Dismantling of barriers. Public procurement”, Office for Official Publications of the European Communities, Kogan Page, Earthscan, Londres, UK.
 - Filev, D.P. y yager R.R.(1991); «A generalized defuzzification method via bad distributions». *Intern. J. of Intelligent Systems*, 6(7), pp. 687-697.
 - Frank, M. J.(1979); «On the simultaneous associativity of $F(x,y)$ and $x+y-F(x,y)$ ». *Aequationes Mathematicae*, 19(2-3), pp. 194-226.
 - Gaines, B. R.(1976); «Foundations of fuzzy reasoning». *Inter. J. of Man-Machine Studies*, 8(6), pp. 623-668.
 - García, R. (1992); “Técnicas fuzzy en el control de procesos”, en “Aplicaciones de la lógica

- borrosa” (Editores: Trillas, E., Gutiérrez, J.), pp. 169-176, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España.
- Gazdik, I. (1983); “Fuzzy-network planning - FNET”, IEEE Transactions on Reliability, Vol. R-32, nº 3, pp. 304-313.
 - Goguen, J. A. (1974); «Concept representation in natural and artificial languages: Axioms, extensions and applications for fuzzy sets». Intern. J. of Man Machine Studies, 6(5), pp. 513-561.
 - Gutiérrez, J., Ruiz, A. (1994); “Controladores borrosos y su diseño”, en “Fundamentos e introducción a la ingeniería fuzzy” (Editor: Trillas, E.), pp. 193-216, Omron Electronics, S.A., Madrid, España.
 - Haykin, S. (1999), “Neural networks. A comprehensive foundation.”, Prentice Hall, ISBN 0-13-273350-1.
 - Hellendoorn, H. y Thomas C. (1993); «Defuzzification in fuzzy controllers». J. of Intelligent and Fuzzy Systems. 1(2), pp. 109-123.
 - Hiltz, M.J. (1998), “Project management handbook of checklists”, MarkCheck Publishing, Ottawa, Ontario, Canada.
 - Hipel, K.W. (1982); “Fuzzy set methodologies in multicriteria modelling”, Fuzzy Information and Decision Processes, North Holland, 1982, pp. 279-288.
 - Ichniowski, T. (1990); «FHWA weighs changes to the low bid». Engineering News Record, McGraw-Hill Construction Weekly, New York, January 4, pp. 8-9.
 - Ioannou, P.G., and Leu, S.S. (1992); «Average-bid method competitive bidding strategy». ASCE Journal of Construction Engineering and Management, 119(1): 131-147.
 - John Ayres, David Bowden, Larry Diehl, Phil Dorcas, Kenneth Harrison, Rod Mathes, Ovais Reza y Mike Tobin.; «Api gráfico Win32». ISBN 8492392630.
 - Kangari, R., Boyer, L.T. (1987); “Knowledge-based systems and fuzzy sets in risk management”, Microcomputers in civil engineering, Vol. 2, pp. 273-283.
 - Kangari, R., Leland, S.R. (1989); “Construction risk assessment by linguistics”, IEEE Transactions on Engineering Management, Vol. 36, nº 2, pp. 126-131.
 - Kaufmann, M., Gupta, M., «Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science», North – Holland, 1988.
 - Kim, S.J., Kim W. D. y Goo N.S. (1994); «Identification of nonlinear membership function for failure of structural material and its application to structural optimization». Fuzzy Sets and Systems, 66(1), pp. 15-23.
 - Klir, G.J., Yuan, B., «Fuzzy sets and fuzzy logic», Prentice Hall PTR, 1995.
 - Kosko, B. (1993); “Fuzzy thinking: the new science of fuzzy logic”, Flamingo, London, UK
 - Kosko, B., Mitaim, S. (1997); «Adaptive joint fuzzy sets for function approximation». Signal and Image Processing Institute. Department of Electrical Engineering-systems. University of Southern California.
 - Lakoff, G. (1973); «Hedges: A study in meaning criteria and the logic of fuzzy concepts». J. of Philosophical Logic, 2 pp. 458-508.
 - Larsen, H.L., Yager, R.R. (1990); «An approach to customized end-user views in multiuser information retrieval systems». In: Kacprzyk, J. and M. Fedrizzi, eds. Multiperson Decision Making Models Using Fuzzy Sets and Possibility Theory. Kluwer, Boston, pp. 128-139.
 - Larsen, H.L., Yager, R.R. (1993); «The use of fuzzy relational thesauri for classificatory problem solving in information retrieval and expert systems». IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics, 23(1), pp. 31-41.
 - Mabuchi S. (1993); «A proposal for a defuzzification strategy by the concept of sensitivity

- analysis». *Fuzzy Sets and Systems*, 55(1), pp. 1-14.
- Mamdani, E. H., Assilian, S.(1975); «An experiment in linguistic synthesys with a fuzzy logic controller». *Inter. J. of Man-Machine Studies*, 7(1), pp. 1-13.
 - Mamdani, E. H.(1977); «Applications of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic systems». *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics*, 26(12), pp. 1182-1191.
 - Martín, B., Sanz, A. (1997); «Redes neuronales y sistemas borrosos», Editorial Ra-Ma, Madrid, España.
 - McCahon, C.S. (1993); «Using PERT as an approximation of fuzzy project-network analysis», *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 40, nº 2, pp. 146-153.
 - McNeill, F.M., Thro, E. (1994), «Fuzzy logic. A practical approach.», Academic Press, Inc., ISBN 0-12-485965-8.
 - Ministerio de Hacienda (2000); «Real Decreto Legislativo 2/2000, de 16 de junio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Contratos de las Administraciones Públicas», *Boletín Oficial del Estado* nº 148, miércoles 21 de junio de 2000, Madrid, España, pp. 21775-21823.
 - Mizumoto, M.(1994); «Fuzzy controls by product-sum-gravity method dealing with fuzzy rules of emphatic and suppressive types». *Intern. J. of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems*, 2(3), pp. 305-319.
 - Molenaar, K.R., Songer, A.D. (1998), «Model for public sector design-build project selection», *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 124, nº 6, pp. 467-479
 - Ng, S. T., Skitmore, R.M. (2001), «Contractor selection criteria: a cost-benefit analysis», *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol 48, nº 1, pp. 96-106.
 - Nguyen, V.U. (1985); «Tender evaluation by fuzzy sets», *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 111, nº 3, pp. 231-243.
 - Nicholson, J.(1991); «Rethinking the competitive bid». *Civil Engineering (New York)*, 61(1): 66-68.
 - Nieto, M.J., del Caño, A. (1991), «La lógica difusa en la dirección integrada de proyectos», *Actas del III Congreso Nacional de Ingeniería*, Madrid, Junio 1991, organizado por el Instituto de la Ingeniería de España, Vol. II, pp. 765-768.
 - Novak, V.(1990); «On the syntactico-semantic completeness of first-order fuzzy logic. Part I, II», *Kybernetika*, 26(1), pp. 47-66, 26(2), pp. 134-154.
 - Ollero, A. (1992); «Aplicación de técnicas de control borroso en robótica», en «Aplicaciones de la lógica borrosa» (Editores: Trillas, E., Gutiérrez, J.), pp. 177-188, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España.
 - Pack, J.H., Lee, Y.W., Napier, T.R. (1992), «Selection of design-build proposal using fuzzy-logic system», *Journal of Construction Engineering and Management (ASCE)*, Vol. 118, nº 2, pp. 303-317.
 - Palaneeswaran, E., Kumaraswamy, M.M. (2000), «Contractor selection for design-build projects», *Journal of Construction Engineering and Management (ASCE)*, Vol. 126, nº 5, pp. 331-339.
 - Passino, K.M., Yurkovich, S. (1998), «Fuzzy control», Addison-Wesley.
 - Pedrycz, W.(1994); «Why triangular membership funtions?». *Fuzzy Sets and Systems*, 64(1), pp. 21-30.
 - Rankin, J.H., Champion, S.L., Waugh, L.M. (1996), «Contractor selection: qualification and bid evaluation», *Canadian Journal of Civil Engineering*, Vol. 23, pp. 117-123.
 - République Française (1998); «Code des marchés publics», *Journal Officiel de la Republique Française*, Direction des Journaux Officiels, Paris, Francia, ISBN 2-11-074498-7.

- Rescher, N. (1969); «Many-Valued Logic». McGraw-Hill, N.Y.
- Ruan, D. y Kerre E. E. (1993); «Fuzzy implication operators and generalized fuzzy method of cases. «Fuzzy Sets and Systems», 54(1), pp. 23-37.
- Russel, J.S., Skibniewski, M.J. (1988), “Decision criteria in contractor prequalification”, *Journal of Management in Engineering (ASCE)*, Vol. 4, n° 2, pp. 148-165.
- Russel, J. (1990a). «Surety bonding and owner - contractor prequalification: comparison. *ASCE Journal of Professional Issues in Engineering*, 116(4): 360-374.
- Russel, J. and Jaselskis, E. (1990 b). « Qualitative study of contractor evaluation programs and their impact». *ASCE Journal of Professional Issues in Engineering*, 1116(4): 360-374.
- Schweizer, B., Sklar, A (1960).; «Statistical metric spaces». *Pacific J. of Mathematics*, 10, pp.313-334. 1960.
- Selinger, S.(1993); «Payment timing as a factor in bid evaluation». *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 119(3): 335-340.
- Skapura, D.M. (1995), “Building neural networks”, ACM Press, ISBN 0-201-53921-7.
- Sobrino, A. (1992); “Lógica borrosa y lingüística”, en “Aplicaciones de la lógica borrosa” (Editores: Trillas, E., Gutiérrez, J.), pp. 89-106, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España.
- Sugeno, M., Takagi, T.(1983); «Multidimensional fuzzy reasoning». *Fuzzy Sets and Systems*, 9(3), pp. 313-325.
- Tah, J.H.M. (1997); “Towards a qualitative risk assessment framework for construction projects”, in “Managing Risks in Projects” (Editors: Kähkönen, K. & Arto, K.A.), pp. 265-274, E&FN Spon/Thomson Professional, London, UK.
- Taha, M.A., Abou-Zeid, A.M., Hanna, A.S., Russel, J.S. (1998), “Merging genetic algorithms with neural networks: owner-contractor prequalification example”, in “Artificial neural networks for civil engineers: advanced features and applications”, Editors: Flood, I., Kartam, N., ASCE, Reston, VA, USA, pp. 247-259.
- Tarricone, P.(1993); «Deliverance». *Civil Engineering (New York)*, 63(2):36-39. 1993.
- Terricabras, J.M. (1992); “El análisis lógico de la vaguedad”, en “Aplicaciones de la lógica borrosa” (Editores: Trillas, E., Gutiérrez, J.), pp. 15-22, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España.
- Triantaphyllou, E. y Mann S. H.(1990); «An evaluation of the eigenvalue approach for determining the membership values of fuzzy sets». *Fuzzy Sets and Systems*, 35(3), pp. 295-301.
- Trillas, E. y Valverde L.(1985); «On mode and implications in approximate reasoning». En Gupta, M. M., A. Kandel, W. Bandler y J. B. Kiszka, eds.; *Approximate Reasoning in Expert Systems*. North-Holland, New York, pp. 157-166.
- Trillas, E. (1994); “Lógica borrosa”, en “Fundamentos e introducción a la ingeniería fuzzy” (Editor: Trillas, E.), pp. 65-92, Omron Electronics, S.A., Madrid, España.
- Tong, R. M. y Bonissone, P.P. (1984); «Linguistic Solutions to Fuzzy Decision Problems», en Zimmermann, H. J., Zadeh, L. A. , and Gaines, B. R. (Eds.), *Fuzzy Sets and Decision Analysis*, pp. 323- 334.
- Turkasen, I. B.(1991); «Measurement of membership functions and their acquisition». *Fuzzy Sets and Systems*, 40(1), pp. 5-38.
- Turner, F.C.(1992); «The competitive bid system». *Constructor*, 74 (6): 21.
- Valverde, L. (1992); “Razonamiento aproximado y lógica borrosa”, en “Aplicaciones de la lógica borrosa” (Editores: Trillas, E., Gutiérrez, J.), pp. 107-120, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España.

- Verdegay, J.L. (1994); "Subconjuntos y relaciones fuzzy, medidas de la fuzzyness", en "Fundamentos e introducción a la ingeniería fuzzy" (Editor: Trillas, E.), pp. 35-51, Omron Electronics, S.A., Madrid, España.
- Verdegay, J.L. (1994*); "Decisión en ambiente fuzzy", en "Fundamentos e introducción a la ingeniería fuzzy" (Editor: Trillas, E.), pp. 54-63, Omron Electronics, S.A., Madrid, España.
- Von Altrok, C., «Fuzzy Logic and Neurofuzzy Applications Explained», Prentice Hall, 1995.
- Wang, H. F.(1993); «Numerical analysis on fuzzy relation equations with various operators». Fuzzy Sets and Systems, 53(2), pp. 155-166.
- Ward, T.L. (1985); "Discounted fuzzy cash-flow analysis", Proceedings of the Annual International Industrial Engineering Conference, pp. 476-481, Institute of Industrial Engineers, Stanford, USA.
- Willmott, R. (1980); «Two fuzzier implication operators in the theory of fuzzy power sets». Fuzzy Sets and Sytems, 4(1), pp. 31-36.
- Weaver, W. (1948); «Sciencie and complexity». American Scientist, 36(4), pp. 536-544.
- Weber, S.(1983); «A general concept of fuzzy connectives, negations and implications based on t-norms and t-conorms». Fuzzy Sets and Systems, 11(2), pp. 115-134.
- Wu, R. W., Hadipriono, F.C. (1994); "Fuzzy modus ponens deduction technique for construction scheduling", Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 120, nº1, pp. 162-179.
- Wu, W. M.(1986); «Fuzzy reasoning and fuzzy relational equations». Fuzzy Sets and systems, 20(1), pp. 67-78.
- Wu, W. M.(1988); «A multivalued logic systems with respect to t-norms». En Gupta, M. M. y T. Yamakawa, eds., Fuzzy Computing: Theory, Hardware, and Applications. North-Holland, New York, pp. 101-118.
- Yager, R. R.(1979); «A measurement-informational discussion of fuzzy union and intersection». Intern. J. of Man-Machine Studies, 11(2), pp. 189-200.
- Yager, R. R.(1983);«Membership in compound fuzzy subset». Cybernetics and Systems, 14(2-3), pp. 173-184.
- Yager, R. R. (1992); «Adaptive models for the defuzzification process». Proc. Second Intern. Conf. on Fuzzy Logic and Neural Networks, Iizuka, Japan, pp. 65-71.
- Yager, R. R. y Filev, D.P. (1993); «SLIDE: A simple adaptive deffuzification method». IEEE Trnas. on Fuzzy Systems, 1(1), pp. 69-78.
- Yu, Y. D.(1985); «Triangular norms and TNF-sigma-algebras». Fuzzy Sets and Systems., 16(3), pp. 251-264.
- Zadeh, L.A. (1965); "Fuzzy sets", Information and Control, Vol. 83, pp. 338-353.
- Zadeh, L.A., Fu, K., Tanaka, K., Shimura, M. (1975), "Fuzzy sets and their applications to cognitive and decision processes", Academic Press, Inc., ISBN 0-12-775260-9.
- Zadeh, L.A. (1965); «Fuzzy Sets and Systems», In: Fox, J. ed., System Theory. Polytechnic Press, Brooklyn, NY, pp. 29-37. 1965.
- Zadeh, L.A. (1972); «A fuzzy set interpretation of linguistic hedges». J. of Cybernetics, 2(3), pp. 4-34.
- Zadeh, L.A. (1975a); «Fuzzy logic and approximate reasoning». Synthese, 30(1), pp. 407-428.
- Zadeh, L.A. (1975b); «The concept of a linguistic variable and its applications to approximate reasoning I, II, III». Information Sciences, 8 pp. 199-251, 301-357; 9, pp. 43-80.
- Zadeh, L.A. L.A., Fu, K. S., Tanaka, K. y Shimura M.(1975); «Fuzzy Sets and Their Applications to Cognitive and Decision Processes. Academic Press, New York.

- Zadeh, L.A. (1981); «A theory of approximate reasonig». In: Hayes, J., D. Michie and L. I. Mikulich, eds., Mathematical Frontiers of the Social and Policy Sciences. Wetsview Press, Boulder. Colorado, pp. 69-129.
- Zhao, R. y Govind R. (1991); «Deffuzification of fuzzy intervals». Fuzzy Sets and Systems. 43(1), pp. 45-55.
- Zimmermann, H.J. y Thole, U. (1980); «On the suitability of minimum and product operators for the intersection of fuzzy sets». Fuzzy Sets and Sytems, Vol. 2. pp. 173-186.
- Zimmermann, H.J. y Zysno, P. (1980); «Latent Connectives in Human Decision Making». Fuzzy Sets and Sytems, 4(1). pp. 37-51.
- Zimmermann, H.J. y Zysno, P. (1983); «Decision Analysis an evaluation by hierarchical aggregation of information». Fuzzy Sets and Sytems, Vol. 10. pp. 243-266.
- Zimmermann, H. J.; «Fuzzy Sets, Decision Making, and Expert Systems». Boston : Kluver Academic Publisher. ISBN 0-89838-149-5.

WWW.CLUBDELPHI.COM
WWW.VCLCRAWLER.COM
WWW.ETSIMO.UNIOVI.ES/PUB/DELPHI
WWW.DELPHIHEAVEN.COM

ANEXO I.

DESCRIPCIÓN DE LAS VARIABLES DE ENTRADA AL SISTEMA CONSTRUIDO.

Contenido:

1. Introducción.
2. Descripción detallada de las variables de entrada al sistema.

1. INTRODUCCIÓN.

A continuación se describen las veintidós variables de entrada al sistema, teniendo en cuenta que seis de ellas, APR01, APR06, APR11, APR18, APR19, APR21, APR22, son unos índices que a su vez son generados automáticamente a partir de otras 15 variables, con lo cual en número real de variables de entrada será de treinta y una.

2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS VARIABLES DE ENTRADA AL SISTEMA.

N° Obras	APR01 Experiencia en obras análogas en los últimos 15 años.	Insuficiente Aceptable Relevante	APR_E
Similitud	APR02 Calidad contrastada.	Baja Media Alta	APR_Q
	APR03 Equipos y maquinaria.	Bajo Medio Alto	APR_G
	APR04 Operarios de control propios.	Alta_Satisfacción	APR_T APR_Q
	APR05 Experiencia jefe de obra y encargados.	Escasa Aceptable Relevante	APR_E APR_T APR_P APR_Q
PS	APR06 Renovación del personal.	Baja Media Alta	APR_CG APR_CT
PT	APR07 Asignación de otro personal técnico.	Insuficiente Aceptable Optima	APR_T APR_Q
	APR08 Estructura de organización.	Inadecuada Adecuada Optima	APR_G
	APR09 Comprensión del proyecto y alternativas.	Insuficiente Aceptable Optima	APR_CT
	APR10 Adecuación de los métodos de construcción.	Baja_Insuficiente Media_Aceptable Alta_Optima	APR_CT
P	APR11 Accidentabilidad.	Baja Media Alta	APR_P APR_C
M	APR12 Programación.	No Realista Realista No Se Ajusta Realista y Se Ajusta Realista y Recorta - Mejora objetivos	APR_P
G	APR13 Cobertura seguros.	Insuficiente Suficiente, Adecuada.	APR_R
L	APR14 Subcontratación. Valoración global de la subcontratación.	Deficiente Aceptable Excelente	APR_T APR_Q
	APR15 Interés mostrado.	Nulo Bajo NormalAdecuado	APR_R
	APR16 Incumplimientos críticos.	Ninguno Escasos Ocasionalmente. Conflictivo	APR_R
	APR17 Incumplimientos secundarios.	Ninguno Escasos Conflictivo	APR_R
FS	APR18 Facturación a la fecha.	Baja Normal Alta	APR_R
F12	APR19 Contratación a la fecha.	Baja Normal Alta	APR_R
C6	APR20 Estado financiero.	Inestabilidad Con Problemas Estable Financiera	APR_P APR_C
C12	APR21 Diferencia entre precio ofertado y precio homogeneizado.	Negativa Normal Positiva	APR_C
PH	APR22 Diferencia entre precio homogeneizado y costo estimado.	Potencialmente Peligrosa Económica Ajustada a CE Antieconómica	APR_C
PH			
CE			

$$m_{\text{max}} = \max_{i \in I} \{m_i\} = \max_{i \in I} \{m_i(\text{FEB})\} = 0.1000$$

$$m_i = \max_{j \in J} \{m_{ij}\} = 0.1000$$

$$m_{\text{max}} = \max_{i \in I} \{m_i\} = 0.1000$$

$$m_i = \max_{j \in J} \{m_{ij}\} = 0.1000$$

$$m_{\text{max}} = \max_{i \in I} \{m_i\} = 0.1000$$

$$m_i = \max_{j \in J} \{m_{ij}\} = 0.1000$$

$$m_{\text{max}} = \max_{i \in I} \{m_i\} = 0.1000$$

$$m_i = \max_{j \in J} \{m_{ij}\} = 0.1000$$

$$m_{\text{max}} = \max_{i \in I} \{m_i\} = 0.1000$$

$$m_i = \max_{j \in J} \{m_{ij}\} = 0.1000$$

$$m_{\text{max}} = \max_{i \in I} \{m_i\} = 0.1000$$

$$m_i = \max_{j \in J} \{m_{ij}\} = 0.1000$$

$$m_{\text{max}} = 0.1000$$

$$m_i = \max_{j \in J} \{m_{ij}\} = 0.1000$$

$$m_{\text{max}} = \max_{i \in I} \{m_i\} = 0.1000$$

$$m_i = \max_{j \in J} \{m_{ij}\} = 0.1000$$

$$m_{\text{max}} = \max_{i \in I} \{m_i\} = 0.1000$$

$$m_i = \max_{j \in J} \{m_{ij}\} = 0.1000$$

Código de la variable:

APR01

Descripción abreviada:

Experiencia en obras análogas.

Descripción completa:

Experiencia en obras análogas en los últimos 15 años.

Comentarios y justificación:

Se trata de una variable clave que se relaciona con la experiencia. Por una parte se valorarán los años en el sector de la construcción en general y por otra parte la experiencia del contratista en obras de naturaleza análoga. Esta variable se plantea, dada su naturaleza, de carácter numérico. Se ha establecido un coeficiente λ que determina el número de obras realizadas en los últimos 15 años respecto a una referencia. Esta referencia de «número de obras» se ha establecido en 5, de tal manera que $\lambda = \text{número de obras} / 5$.

La problemática que surgió con esta variable en las primeras fases de evaluación era que debido a que la entrada era discreta con valores de número de obras de 0, 1, 2, 3, ..., la salida por lo tanto también lo era, con lo cual la evaluación de los grados de pertenencia sobre los conjuntos borrosos de la partición carecía de la continuidad deseada para este tipo de variables.

Con objeto de dar más continuidad al rango de valores de entrada y además para tener en cuenta la analogía de las obras con la que se pretende realizar, se estableció otro «coeficiente de similitud» f_c que variará entre $[0, 1]$, de tal manera que si todas las obras tenidas en cuenta para evaluar λ se consideran análogas o iguales, entonces $f_c = 1$ y en el caso extremo de que ninguna de las obras se considerase similar entonces $f_c = 0$. Este coeficiente permite asignar valores intermedios que reflejan los grados de similitud de las obras realizadas.

El índice de experiencia $I.E. = \lambda * f_c$ es sobre el que se establecerá la partición borrosa. El dominio de esta partición borrosa se establecerá en el rango $[0, \infty]$. Para definir la partición borrosa se han considerado dos alternativas, aunque finalmente se ha optado por una de ellas, en el desarrollo final.

La primera de ellas que ha sido la escogida se plantea con tres etiquetas borrosas con valores de:

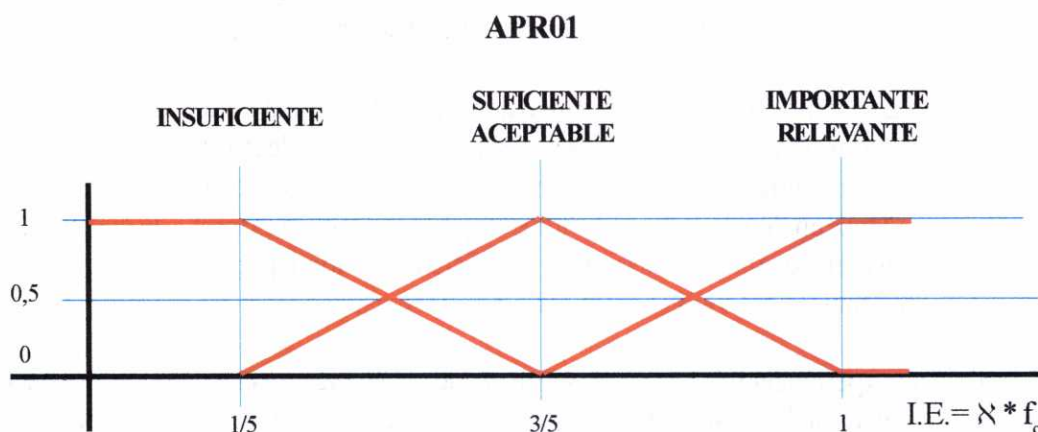
INSUFICIENTE, SUFICIENTE-ACEPTABLE, IMPORTANTE-RELEVANTE

Estas etiquetas se aplican a números triangulares difusos NTD y a funciones tipo Z, tal como se indica en la figura adjunta. En ella se puede observar que el valor central de las etiquetas **SUFICIENTE-ACEPTABLE**, se sitúa sobre el valor $3/5$ con coeficiente de similitud $f_c = 1$. Es decir que una empresa que haya realizado 3 obras análogas o similares se considera con una experiencia **SUFICIENTE-ACEPTABLE**, con un grado de pertenencia de uno. A partir de este número difuso central se plantean otros dos números difusos que corresponden a las otras dos etiquetas de la partición borrosa. Están centradas entorno a los valores $1/5$ y 1 respectivamente.

Los números difusos que le corresponden ya no son estrictamente NTD si no que poseen una función de pertenencia tipo Z, pues una de sus ramas se ha hecho horizontal. En el caso de la etiqueta **INSUFICIENTE** la rama de la izquierda y para la etiqueta **IMPORTANTE-RELEVANTE** la de la derecha.

Los tramos horizontales reflejan el hecho de que hay un momento en que por mucho que una empresa haya hecho obras no se va a evaluar por encima del valor que se ha considerado como máximo. Por la contra, una empresa que tenga un producto $\propto * f_c$ por debajo $1/5$ será evaluada con nivel de pertenencia uno a la etiqueta pero valorada y cero a la etiqueta inmediatamente superior.

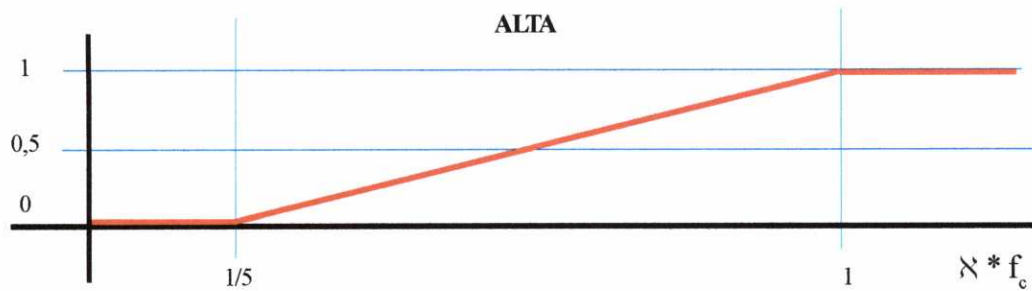
Las entradas x de valor de pertenencia $\mu_{\text{SUFICIENTE-ACEPTABLE}}(x)=1$ se han hecho corresponder con las entradas x de valor de pertenencia $\mu_{\text{INSUFICIENTE}}(x)=0$ y $\mu_{\text{IMPORTANTE-RELEVANTE}}(x)=0$ y las entradas x de valor de pertenencia $\mu_{\text{SUFICIENTE-ACEPTABLE}}(x)=0$ se han hecho corresponder con las entradas x de valor de pertenencia $\mu_{\text{INSUFICIENTE}}(x)=1$ y $\mu_{\text{IMPORTANTE-RELEVANTE}}(x)=1$, tal como se suele hacer en la teoría clásica del control borroso (234).



La segunda alternativa que se planteó era la de establecer una variable borrosa con una partición de un solo valor que representara el grado de satisfacción del parámetro de medición de la experiencia a través de la etiqueta lingüística **ALTA** que en realidad es el objetivo que se está buscando y el que se quiere «premiar». Tal como se indica en la figura, en realidad se trata de quedarse con la parte alta de la partición anterior aunque modificándola para que abarque el rango de los valores donde se inician los máximos y mínimos de la función de pertenencia. Se trata en definitiva de una fusión de las tres gráficas anteriores en una sola, evidentemente a costa de perder sensibilidad en la evaluación del parámetro.

Esta solución simplificaría la generación de reglas en las que interviene esta variable, pero precisamente por ese motivo y dada la importancia de este parámetro se ha optado por la solución anterior que da más juego a la hora de definir reglas que representen los distintos casos

APR01



posibles que se puedan presentar. En otras variables de menos importancia y debido a la simplificación en la generación de reglas se puede optar por una solución similar a esta.

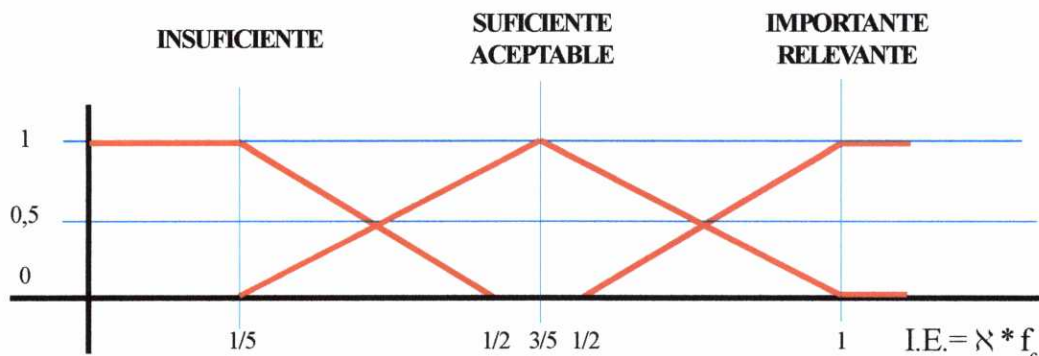
Este parámetro se ha considerado básico por su influencia sobre el riesgo y la calidad final del producto. Es una variable que de alguna forma se encuentra casi siempre reflejada en los distintos sistemas de clasificación y evaluación y que se valora de forma positiva.

En el esquema del controlador que se ha diseñado entrará en diverso grado a formar parte de la variable intermedias de abstracción **EXPERIENCIA-HISTORIAL ADECUADO A LA OBRA**.

También en la fase de evaluación final se observó que para esta variable y dadas las reglas que se generaron, cuando el valor de entrada no estaba exactamente centrado en el valor 3/5 y se desviaba ligeramente hacia la izquierda, automáticamente se activaba alguna regla que castigaba el hecho de que la experiencia fuese en algún grado insuficiente. Esto se ha visto no conveniente y se optó por modificar la curva de pertenencia del conjunto borroso **INSUFICIENTE**, de tal manera que permita una cierta oscilación entorno al valor central sin entrar en penalización.

Por simetría, y con objeto de no evaluar de forma excesivamente positiva una ligera desviación hacia la parte derecha del valor central, se ha realizado la misma modificación en la curva de la etiqueta de la parte derecha de la partición. De todas maneras hay que aclarar que esta segunda modificación podría no realizarse y el sistema respondería de forma correcta, pues la base de reglas que se ha creado es muy restrictiva con valores no deseables, sin embargo no se premian en exceso los valores deseables.

APR01



Código de la variable:

APR02

Descripción abreviada:

Calidad contrastada.

Descripción completa:

Calidad contrastada de otros trabajos realizados similares. Referencias.

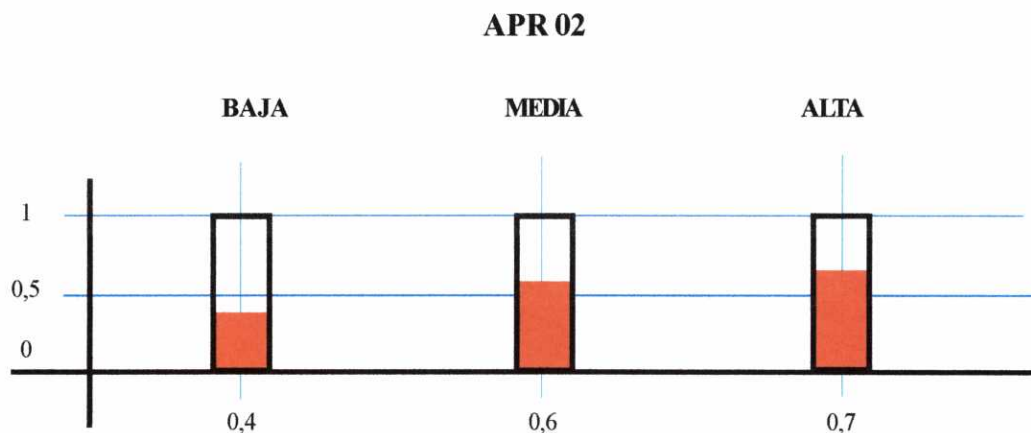
Comentarios y justificación:

En este caso se trata de evaluar la calidad final de las obras realizadas tanto análogas como de otro tipo y el grado de satisfacción de los clientes con las mismas. Se tendrá en cuenta también la posesión de la certificación ISO 9002. Se trata de una variable no numérica, cualitativa, en la que se establecerá una partición borrosa de tres etiquetas lingüísticas apoyadas sobre funciones de pertenencia del tipo singleton de significados claros. Se han estudiado también dos opciones, aunque se ha optado por la que se indica a continuación.

En la primera opción se han considerado tres etiquetas lingüísticas:

MEDIA - BAJA - ALTA

Estas etiquetas se apoyan en conjuntos borrosos del tipo singleton, pero con grado de pertenencia variable, es decir se les podrán asignar valores en el intervalo cerrado $[0,1]$ a las tres etiquetas simultáneamente y de forma independiente. Las palabras que definen las etiquetas se han tomado lo más sencillas posibles para que el evaluador se decante claramente y surjan las menos dudas posibles a la hora de asignar valores. Con este método se creará un vector de entrada. En este caso dada la naturaleza cualitativa de la variable el proceso de borrosificación de la misma ya no es necesario. Es en este tipo de variables de difícil cuantificación es donde el concepto de conjunto borroso y etiquetas lingüísticas resulta de máxima utilidad para representar la percepción que de un determinado concepto tiene una persona, en este caso la que esta evaluando.

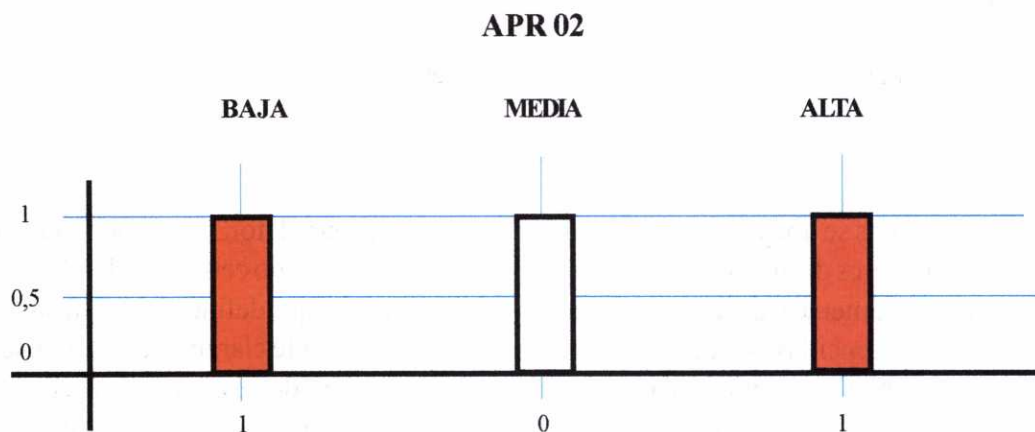


Con este tipo de representación se consigue definir conceptos que difícilmente se podrían expresar con variables numéricas a través de particiones con números difusos triangulares o tipo «Z» como se hace en el caso de las variables cuantitativas.

En la segunda alternativa que se ha estudiado solamente se permite la asignación de los valores 0 o 1 para los grados de satisfacción de las etiquetas, es decir una función puramente singleton. Las etiquetas se han considerado las mismas que en el caso anterior. El vector de entrada en este caso sería alguno de los siguientes (1, 0, 0), (0, 1, 0), (0, 0, 1), (1, 1, 0), (0, 1, 1), (1, 0, 1), (1, 1, 1).

La representación gráfica para el caso (1, 0, 1) es la que se indica a continuación.

Aunque esta opción sería también viable se ha optado por la solución primera dada la importancia de esta variable. La primera opción permite afinar más la situación real que se trata de representar con esta variable.



También en ambos modelos de estudio esta variable afectará a la formación de las variables de abstracción **AJUSTE A CALIDAD**.

Código:

APR03

Descripción abreviada:

Equipos y maquinaria.

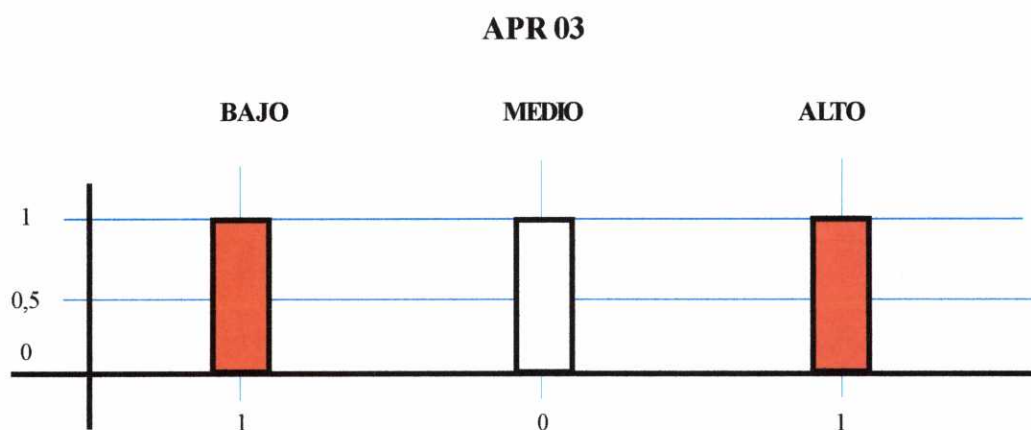
Descripción completa:

Número de equipos y maquinaria propia.

Comentarios y justificación:

Esta variable está también presente en muchos de los criterios de precualificación o clasificación. Se tratará de una variable no numérica que tratará de evaluar los recursos propios en cuanto a equipos auxiliares de construcción así como maquinaria propia de cierta entidad. No se incluirán en la valoración maquinaria menor que se supone existente por defecto en cualquier empresa constructora.

Por lo tanto no se incluirán en la valoración equipos y maquinaria que podrían ser alquilados a empresas dedicadas a este arrendamiento y que no sería necesario que la empresa los poseyese, es decir, lo que se valorará será su posesión como valor añadido de la empresa en comparación con otras que necesitan alquilar. A su vez este hecho puede ser valorado como un índice de su capacidad económica. Se trata de evaluar la autonomía que en cuanto a recursos de este tipo tendría la empresa en cuestión.



Esta variable afectará a la evaluación de la variable de abstracción intermedia **ORGANIZACIÓN-RECURSOS**.

Código:

APR04

Descripción abreviada:

Número de operarios de control propios.

Descripción completa:

Operarios de control propios en obra diferentes del encargado.

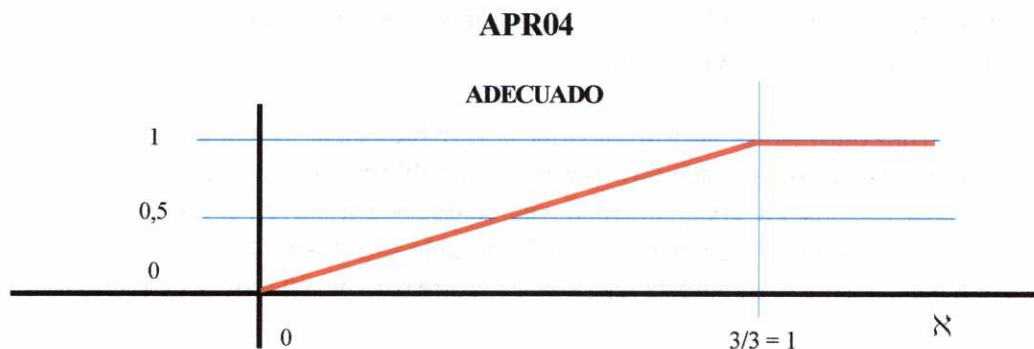
Comentarios y justificación:

Se trata de una variable que se prevee de carácter numérico, aunque se estudió una alternativa de tipo cualitativo como se indicará a continuación. Valorará la existencia de operarios asignados por la empresa con objeto de realizar tareas de inspección y control de los trabajos realizados.

Se tratará de personal con experiencia en las distintas fases de la construcción y no se limitarán a realizar una inspección final si no que supervisarán el trabajo durante su realización, con objeto de detectar posibles fallos que podrían quedar ocultos por la realización de fases de obra posteriores.

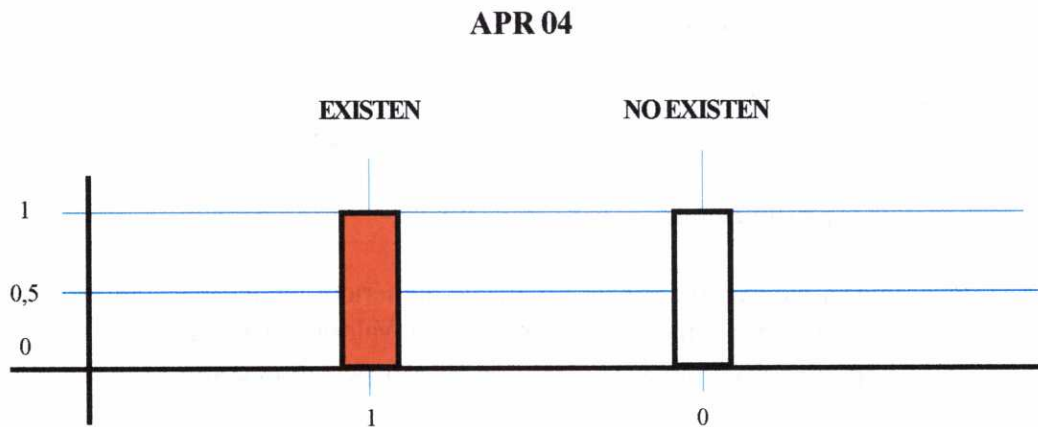
Para la primera alternativa, que es la considerada finalmente, se ha establecido un número deseable de operarios de control en tres. A partir de este número se establece un coeficiente $\aleph = n^\circ \text{ de operarios} / 3$. Sobre este coeficiente se ha hecho una partición de una sola etiqueta lingüística que representa el grado de cumplimiento del número deseado de operarios de control. Esta etiqueta se ha denominado **ADECUADO**.

Al haber solamente una etiqueta, esta solución permite simplificar la base de reglas para las variables de abstracción conectadas a esta entrada.



La segunda alternativa que se estudió respondía a la idea de que estas figuras, aunque importantísimas, no son muy habituales tal como se plantean aquí. Por lo tanto se pensó en un primer momento en valorar simplemente la existencia o no de tal personal sin entrar a valorar su número. En este caso la variable dada su propia naturaleza no cabría más que una solución de carácter cualitativo con etiquetas **EXISTEN - NO EXISTEN**.

Los grados de pertenencia de estas dos etiquetas se establecerían con los valores discretos 0 ó 1, y por lo tanto los vectores posibles serían (0, 0), (1, 0), (0, 1) y (1, 1).



Sin embargo esta opción se ha descartado con objeto de primar el esfuerzo por parte del empresario de mantener este tipo de figura y su organización empresarial en un número suficiente con dedicación exclusiva. De todas formas esta segunda opción podría utilizarse en otro controlador en la que esta solución encajase mejor atendiendo a otra política distinta.

Esta variable estará conectada a través de las reglas correspondientes con las variables de abstracción de la primera capa **CALIDAD** y **ORGANIZACIÓN-RECURSOS**.

La conexión con la variable Calidad se hará por reglas «duras» por afectar directamente a esta variable intermedia.

Hay que hacer notar aquí que aunque este tipo de variable tal y como se ha definido plantea la ventaja de no incrementar el número de reglas de ningún bloque en donde intervenga al contar únicamente con un valor en su partición, por lo tanto su influencia sobre el grado de verdad de una regla afectará a todas las reglas del bloque que sean evaluadas en la parte positiva de la variable de salida, matizando su valor.

También hay que matizar aquí que aunque la variable está representada por una función continua los valores que tomará, debido a que es una variable calculada, serán discretos, restando continuidad a la salida. Este pequeño inconveniente se podría solventar con la introducción de un parámetro adicional tal y como se hizo en la variable APR1, sin embargo no se consideró oportuno. Quedando simplemente esta reflexión en el aire para posibles modificaciones.

Código:

APR05

Descripción abreviada:

Experiencia de jefe de obra y encargado.

Descripción completa:

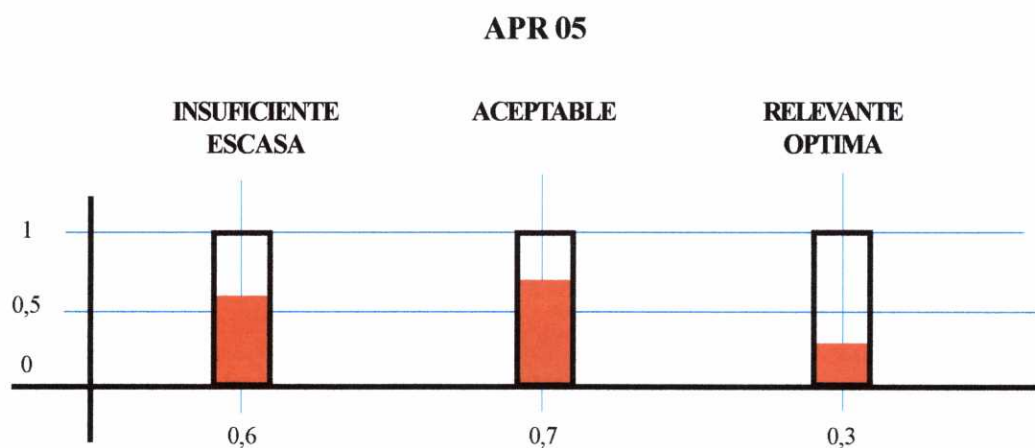
Jefe de obra y encargados. Experiencia contrastada.

Comentarios y justificación:

Dada la importancia de este personal se ha dedicado una variable para evaluar la categoría y experiencia de los mismos. Se tratará de una variable lingüística al carecer de importancia el número en este caso, y tener mucha más importancia para los objetivos de la obra, la capacidad de mando y organizativa del personal directivo a pie de obra. Tampoco se ha tratado de evaluar la experiencia en número de años pues sería de difícil cuantificación. Como se habla de dos figuras distintas en la misma variable también sería difícil evaluarla de forma numérica. Haciendo la evaluación con etiquetas lingüísticas se puede globalizar de forma mas sencilla la evaluación de la idea que representa esta variable. Esta variable medirá también la experiencia en obras análogas.

De todas formas con objeto de dar más sensibilidad a la evaluación las etiquetas se apoyan en conjuntos borrosos del tipo singleton, pero con grado de pertenencia variable, es decir se les podrán asignar valores en el intervalo cerrado $[0,1]$ a las tres etiquetas simultáneamente y de forma independiente a estima del evaluador.

La dedicación del jefe de obra y encargado se tendrán en cuenta en la variable APR8, (Estructura de Organización).



La labor de este personal como se sabe es trascendental en el buen discurrir de una ejecución, este hecho se verá reflejado por conexiones a las variables de abstracción: **EXPERIENCIA-HISTORIAL, ORGANIZACIÓN Y RECURSOS TÉCNICOS, ALCANCE, PLAZO Y CALIDAD**. Estas conexiones aunque importante no serán vitales para estos parámetros por lo que se dictarán reglas blandas.

Código:

APR06

Descripción abreviada:

Renovación del personal

Descripción completa:

Grado de renovación del personal en los últimos 5 años.

Comentarios y justificación:

Esta variable trata de evaluar la calidad del personal de la empresa teniendo en cuenta la capacidad de renovación del mismo y a la vez la estabilidad del mismo. La estabilidad laboral se ha revelado en los últimos tiempos como un factor clave para un buen rendimiento laboral. A su vez una adecuada renovación, asegura una actualización siempre deseable en una empresa. Se trata de llegar a un compromiso entre renovación y continuidad.

La variable será numérica y se darán etiquetas que permitan evaluar por una parte la estabilidad en el empleo de los operarios y una estabilidad similar en el ámbito de los cargos a pie de obra, pero con cierto grado de renovación. Son dos ideas en cierta medida contrapuestas que difícilmente se pueden evaluar con otros procedimientos, pero que con una partición borrosa puede simularse perfectamente. Este difícil compromiso entre renovación y estabilidad se resolverá también a través de una regla o reglas que penalicen los extremos de la partición que se haga y que valore positivamente los valores intermedios de la variable.

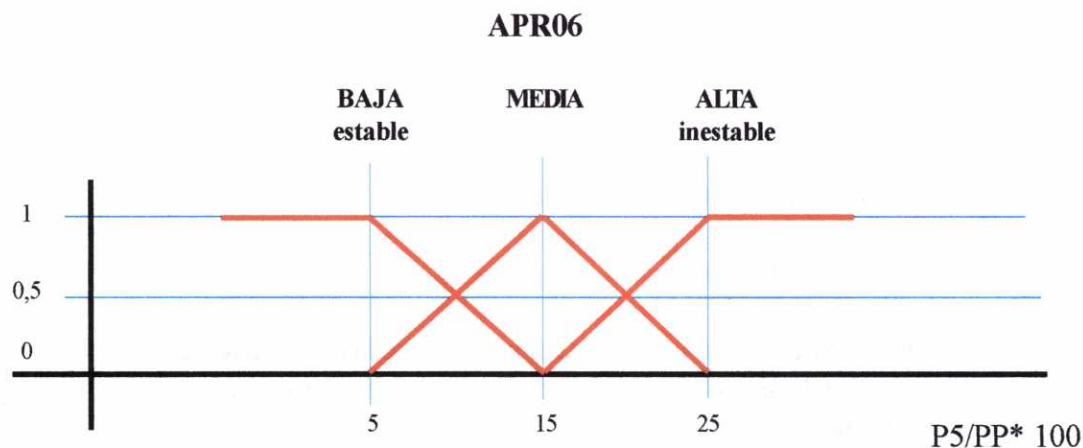
Para determinar esta variable se ha tenido en cuenta un período de cinco años en los cuales se ha considerado el personal de plantilla PP como valor referencial para comparar con el personal que en esos cinco años se ha ido voluntariamente de la empresa o fue despedido por cualquier motivo, hasta el momento de efectuar la evaluación. Debido a las características especiales del entorno laboral del mundo de la construcción, en el que la eventualidad es muy alta, sobre todo en pequeñas empresas, se han considerado sólo el personal de plantilla no eventual, que es normalmente el mejor considerado y cualificado dentro de la empresa y que, en condiciones normales de estabilidad, ésta tratará de retener por su propio interés. Si la proporción con respecto al personal actual es muy alta indicaría un cierto grado de inestabilidad o de problemas internos que hacen que el personal no se encuentre a gusto en la empresa y decida cambiar de empresa.

En cierto modo se está midiendo el grado de satisfacción del personal que permanece en la empresa y que quizás por que no pueden ser obligados a quedarse a disgusto en la misma con los perjuicios que esto puede acarrear al proyecto en aspectos fundamentales como calidad en la ejecución.

La evaluación se realizará a través de un parámetro numérico P5/PP en donde P5 será el número de personas no eventuales que se fueron voluntariamente o fueron despedidas por la empresa en los cinco últimos años considerados.

Sobre esa variable se establece una partición con tres etiquetas lingüísticas tal y como se

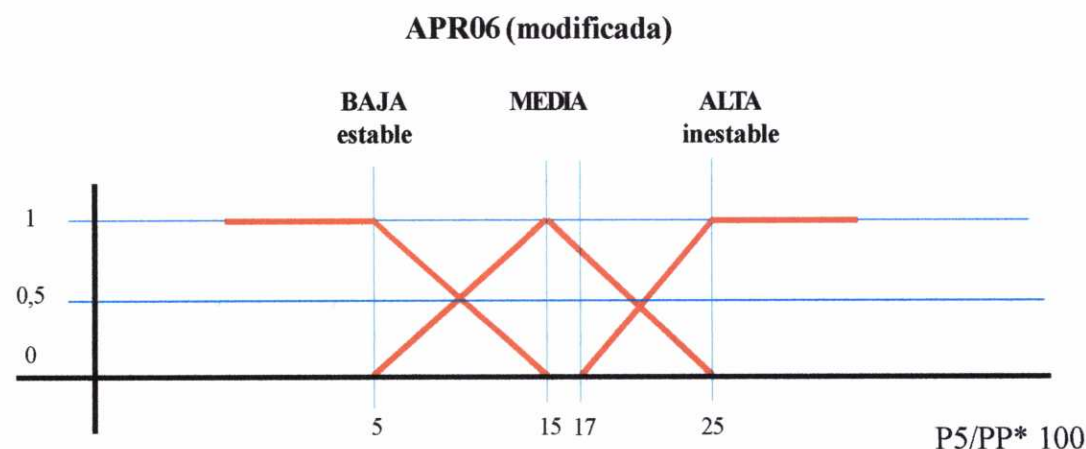
ha indica en la figura siguiente.



Esta variable afectará a dos parámetros de abstracción en la segunda capa, **CAPACIDAD DE GESTIÓN** y **CAPACIDAD TÉCNICA**, que son dos de los que decidirán sobre la evaluación final.

Durante el proceso de desarrollo se ha observado la necesidad de modificar las curvas de pertenencia de las dos etiquetas extremas para no penalizar pequeñas variaciones hacia la derecha en torno al valor central. En el sistema desarrollado se ha considerado que lo ideal sería un índice de renovación con tendencia a ser bajo y así se ha considerado a la hora de definir la base de conocimiento. Este tipo de curvas también permite variar la pendientes de las curvas de los distintos conceptos en función de la política elegida, con objeto de penalizar más o menos un determinado concepto. Con estas dos posibles variaciones de puntos y pendientes se consigue una amplia gama de posibles modificaciones según interese en el proceso de diseño.

De todas maneras cabe decir aquí que esta es simplemente una propuesta dejando abierta la opción a posibles modificaciones en futuros desarrollos. Lo que sí es de notar es la relación que debe existir entre la forma de las curvas y la base de reglas que es lo que se pretende dejar reflejado en este texto. Esta idea entronca directamente con la idea de políticas de decisión que se expondrá cuando se definan la base de reglas.



Código:

APR07

Descripción abreviada:

Otro personal técnico

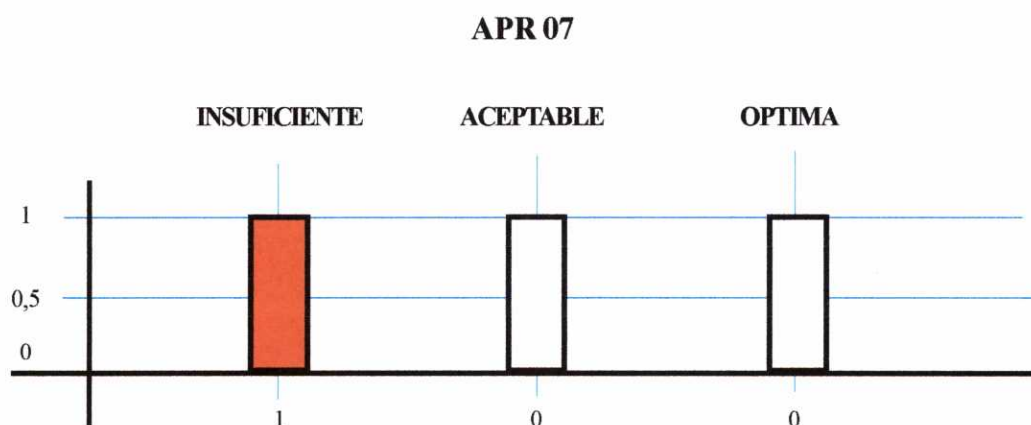
Descripción completa:

Asignación de otro personal técnico residente en obra, número, titulación, experiencia.

Comentarios y justificación:

Para finalizar con la evaluación del personal se propone otra variable de entrada que hace referencia a otro personal técnico residente en obra, su número, titulación, experiencia. Su existencia podría influir positivamente en la realización del proyecto.

Se planteará una variable no numérica en el que se valorará de forma global este personal a través de una partición de tres valores, pues caso de realizar una partición mayor dificultaría la asignación de un valor para cada una de las variables y no aportaría una mejora sustancial. El uso de estas variables de fácil asignación se hará con objeto de que resulte intuitiva la asignación al ser muy difícil realizarla o medirla a través de algún parámetro cuantitativo. El evaluador en función de los datos que conoce y que haya podido indagar, deberá hacerse una composición de lugar mentalmente y a continuación asignar el valor que mas se aproxime conceptualmente a los tres valores presentados.



Los grados de pertenencia de estas dos etiquetas se establecen con los valores discretos 0 ó 1, que dan lugar a conjuntos borrosos del tipo singleton. Los vectores posibles de grados de pertenencia de la variable a dichos conjuntos borrosos son (0, 0, 0), (0, 0, 1), (0, 1, 0), (1, 0, 0), (0, 1, 1), (1, 1, 0), (1, 0, 1), (1, 1, 1).

Esta variable afectará directamente a la variable de abstracción Calidad de la primera capa. De forma menos intensa a **ORGANIZACIÓN-RECURSOS TÉCNICOS** y **CALIDAD**. La influencia sobre las dos variables intermedias será mucho mayor para la variable **ORGANIZACIÓN-RECURSOS TÉCNICOS** y en menor medida para la variable **CALIDAD**.

Código:

APR08

Descripción abreviada:

Estructura de organización.

Descripción completa:

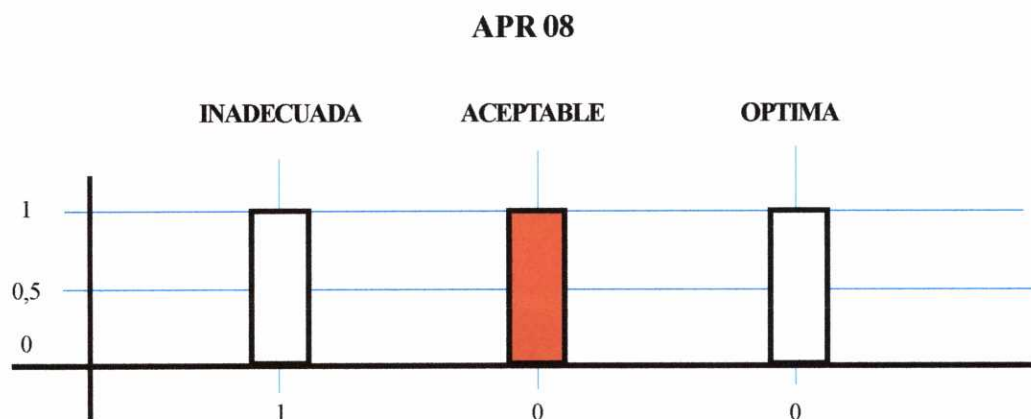
Estructura de organización y su adecuación a la obra.

Comentarios y justificación:

Como variable final que tiene en cuenta los distintos aspectos de los recursos humanos de la empresa, cuya oferta se está estudiando, se plantea esta variable que tiene relación con adecuación de la estructura organizativa empresarial a las características de la obra. Se valorará la existencia de una adecuada estructura jerarquizada, con responsabilidades bien definidas y una operativa eficaz con unos procedimientos claros a la hora de tomar decisiones que puedan afectar a la ejecución de la obra.

También se tendrá en cuenta la dedicación que tendrá el jefe de obra y encargado, y que no se habían tenido en cuenta en la variable ARP5. En este aspecto se valorará positivamente el hecho de la dedicación en exclusiva a la obra por parte de estas dos figuras.

La valoración de ese parámetro se realizará a través de una variable lingüística y la información de partida se obtendría del dossier de empresa que ella misma podría facilitar a la propiedad. Se planteará una variable no numérica en el que se valorará de forma global la estructura organizativa a través de una partición de tres etiquetas, que tendrán como grados de pertenencia los valores discretos 0 ó 1, es decir conjuntos borrosos del tipo singleton.



Los vectores posibles de grados de pertenencia de la variable a dichos conjuntos borrosos son (0, 0, 0), (0, 0, 1), (0, 1, 0), (1, 0, 0), (0, 1, 1), (1, 1, 0), (1, 0, 1), (1, 1, 1).

Afectará de forma sustancial a la variable intermedia **ORGANIZACIÓN-RECURSOS PARA LA GESTIÓN**, esta influencia tal como se puede ver en en esquema general del controlador será de tipo medio, color azul.

Código:

APR09

Descripción abreviada:

Comprensión del proyecto y alternativas.

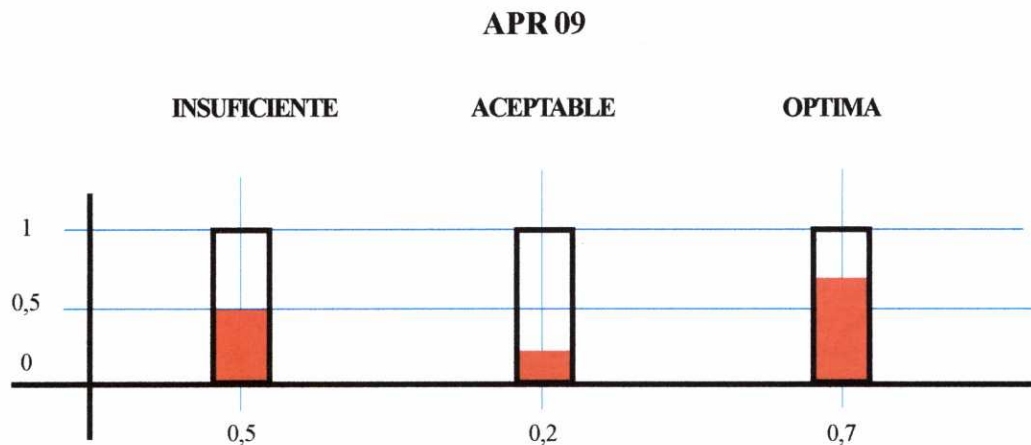
Descripción completa:

Comprensión del proyecto, alternativas o mejoras propuestas, capacidad de ofrecer diseño.

Comentarios y justificación:

Se entra ahora en una variable que tiene que ver con el nivel de comprensión del proyecto, la bondad y ajuste de las alternativas o mejoras propuestas y la capacidad de ofrecer diseño. Claramente no existe alternativa numérica a este tipo de variable por lo que se ha adoptado una variable de tipo no numérico. Como afecta a varios factores de importancia, se planteará una partición inicial de tres etiquetas con objeto de poder matizar más su evaluación.

Se valorarán aspectos que clásicamente se incluyen en diversos procesos de selección o clasificación de contratistas en España y en otros países. Como ya se ha indicado, repercutirán en la mejora del producto final a través las posibles alternativas o mejoras que se puedan proponer por parte de la contrata que se está evaluando, las cuales serán fruto de un estudio y comprensión minucioso del proyecto que se está ofertando por parte de ésta.



Esta variable se considera lo suficientemente importante para dotarla de más sensibilidad a la hora de evaluarla, además de la variedad de conceptos que engloba, por lo tanto para la evaluación, las etiquetas se apoyan en conjuntos borrosos del tipo singleton, pero con grado de pertenencia variable, es decir se les podrán asignar valores en el intervalo cerrado $[0,1]$ a las tres etiquetas simultáneamente y de forma independiente a estima del evaluador y en función de la oferta que esta estudiando con objeto de evaluar todo el contenido que la variable trata de representar.

Esta variable influirá de forma intensa (color rojo) en la determinación del valor de la variable de abstracción **CAPACIDAD TÉCNICA**.

Código:

APR10

Descripción abreviada:

Adecuación de los métodos de construcción.

Descripción completa:

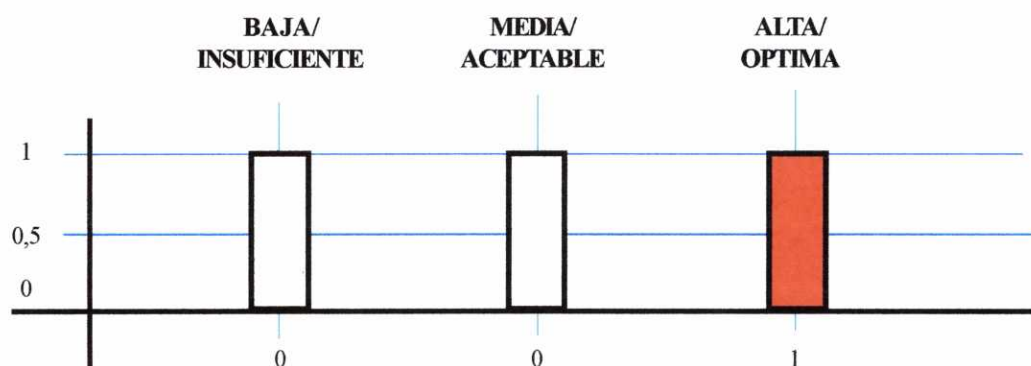
Adecuación de los métodos de construcción a la obra.

Comentarios y justificación:

Esta variable tendrá en cuenta la adecuación de los métodos de construcción a la obra. Es una variable que junto con la anterior se complementarán y entre otras decidirán, a través de las reglas correspondientes, de forma sustancial la evaluación de la **CAPACIDAD TÉCNICA** del ofertante.

No se ha incluido junto con la anterior con objeto de valorar, caso de no venir impuesta por el proyecto, el método de construcción elegido que por novedoso u original mejore a criterio del evaluador la realización de la obra. Esta variable por lo tanto puede no evaluarse llegado el caso, siendo el sistema totalmente estable.

Ya que esta posible mejora afectaría a distintos aspectos interconectados de la construcción, se había incluido en un principio una conexión suave a **RIESGO** con objeto de tener en cuenta esta variable, aunque de forma leve, cuando se evalúe el mismo, sin embargo y debido al gran número de variables que en el prototipo final llegaban a la variable riesgo se optó por retirarla con objeto de simplificar la base de reglas de la variable **RIESGO** y por el hecho de que ésta ya había quedado suficientemente matizada con las seis variables que la definían. La partición que se propondrá será de tres niveles con tres variable lingüísticas. Los grados de pertenencia de la variable a esas etiquetas adoptarán valores discretos 0 ó 1, es decir conjuntos borrosos del tipo singleton, pues una valoración más fina a nuestro juicio sería difícil de evaluar.

APR 10

Código:

APR11

Descripción abreviada:

Accidentabilidad.

Descripción completa:

Índice de accidentes en un período determinado.

Comentarios y justificación:

A través de esta variable se tratará de evaluar el grado de accidentabilidad de una empresa. En el sector de la construcción es sabido que los índices de accidentabilidad son elevados, sin embargo existen empresas que cuidan de forma especial estos aspectos y tienen una menor siniestralidad. Se trata de evaluar ésta y premiar un índice bajo de accidentes y «castigar» uno alto.

El período que será tomado en cuenta para evaluar esta siniestralidad será el de los dos últimos años. La evaluación de esta variable se hará a través de un índice de accidentabilidad IA, que será sobre el que se defina una partición a través de tres etiquetas lingüísticas. Este índice será calculado automáticamente en función del número de accidentes que haya tenido la empresa con objeto de que este valor sea determinado de la forma más objetiva posible.

En la propuesta que se realiza, los accidentes que se tendrán en cuenta serán tanto los leves como graves y mortales, aunque dadas las características especiales de este sector, el valorar los leves se tendrá en cuenta de forma relativa.

Como la valoración de la variable se hará a través de un valor numérico y los accidentes a contabilizar son de tres tipos, se ha creado una expresión que trata de homogeneizar el número de accidentes graves y mortales. Esta expresión es $IA = L/P + G + 2 * M$, en donde L es el número de accidentes leves, P es el personal medio de plantilla, G es el número de accidentes graves en los últimos dos años y M el número de accidentes mortales.

Para poder sumar los tres tipos de accidentes se ha multiplicado por dos el número de accidentes mortales para poder sumarlos con los graves y así tener un índice numérico. También se observa que se tiene en cuenta el número de accidentes leves, pero como normalmente son mucho más números y de menor trascendencia para la obra, algunos cursan sin baja, se han considerado relativamente al número de trabajadores, pues podría afirmarse que este número de accidentes es directamente proporcional al número de trabajadores.

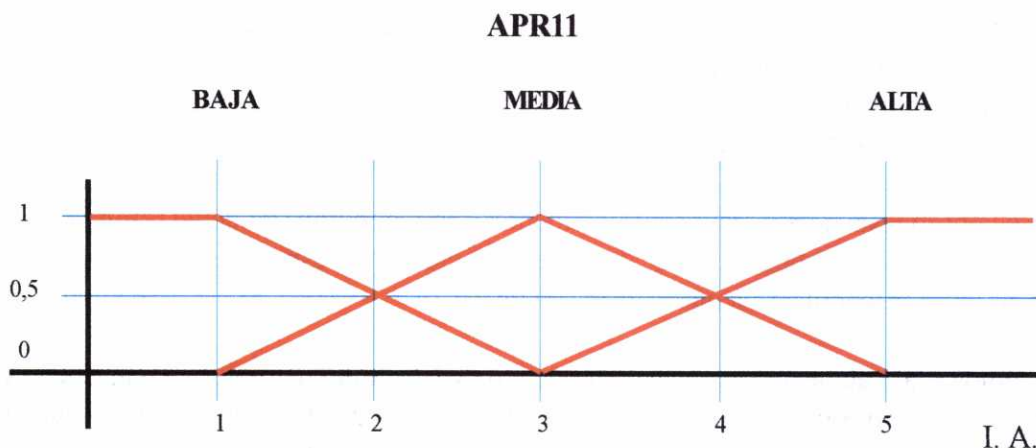
El valor L/P incrementará como máximo en dos el IA, en el supuesto de que todos los obreros tuvieran un accidente leve cada año. Este incremento máximo debido a este factor afectaría de forma importante a la evaluación del IA tal y como se ha definido la partición en el universo de discurso. Sin embargo un valor bajo en el número de accidentes leves no indicaría un bajo IA, pues los otros dos factores G y $2 * M$, si existen incrementarían el valor de IA. El comportamiento de esta variable IA tal como está definida refleja de forma adecuada el ánimo que persigue en la evaluación general. De todas maneras aún queda una posibilidad de ajuste a

la política deseada de adjudicación en la base de reglas que se defina.

Tanto el número de accidentes leves, graves como de mortales se referirá al personal de plantilla de la empresa y no al de las posibles subcontratas. Por esta razón habrá que darle a esta variable una importancia limitada, no obstante la empresa que cuida este aspecto suele preocuparse también de que lo hagan sus subcontratas por que en ello va parte de su imagen pública y los costos acarreados por una paralización de obra etc.

Estos datos son sencillos de obtener, ya sea proporcionados por la propia empresa a través de su registro interno, o a través de los Gabinetes de Seguridad e Higiene de las distintas administraciones, que llevan un registro detallado de esta siniestralidad. Este registro es bastante fiable pues las empresas están obligadas a comunicar incluso los accidentes leves. El no realizar esta comunicación es sancionada de forma cuantiosa por la Inspección de Trabajo.

Como ya se indicó el índice de accidentabilidad definido se extenderá sobre una partición borrosa con tres números difusos triangulares tal como se indica en la figura siguiente.



Aunque la accidentabilidad es un fenómeno que afecta muchos otros aspectos ajenos al proyecto, de carácter humano, de costos, aquí se considerará su influencia sobre las variables intermedias de la primera capa **PLAZO** de ejecución y **COSTE**, pues como es sabido y en el caso de accidentes graves o mortales la obra se ve inmediatamente paralizada por este tipo de acontecimientos, pudiendo producir retrasos en el incumplimiento de plazos y produciendo a su vez unos costes adicionales.

Código:

APR12

Descripción abreviada:

Programación

Descripción completa:

Programación realista y su ajuste a la obra.

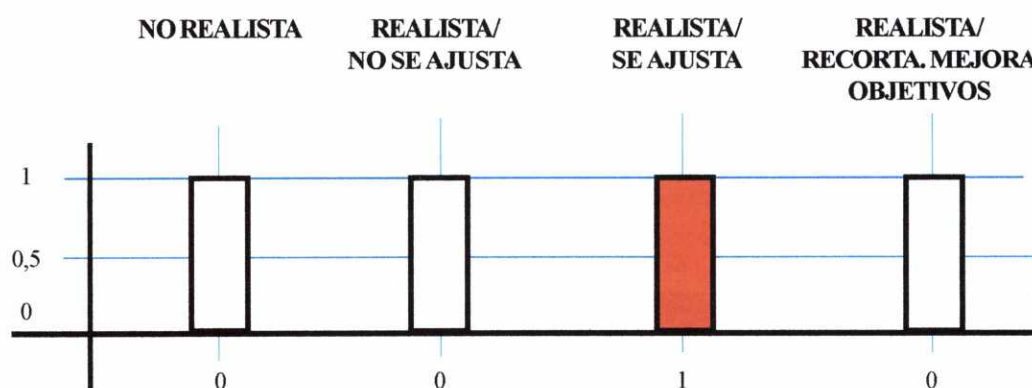
Comentarios y justificación:

Esta variable es representativa y ampliamente mencionada, e incluso exigida, cuando se habla de la clasificación o evaluación de una oferta por parte de un contratista. Se valorará una programación realista de la construcción y su ajuste o reducción del plazo propuesto. El tiempo de ejecución puede, en algunos proyectos, ser un factor crítico. El conseguir unos plazos cortos de ejecución aún a costa de incrementar costos puede ser necesario en algunos casos.

La presentación de una planificación bien hecha por parte del contratista, puede dar una idea a la propiedad del proceder del mismo a lo largo de los futuros trabajos. Se ha considerado trataría una variable no numérica que en principio se prevee con una partición de cuatro valores.

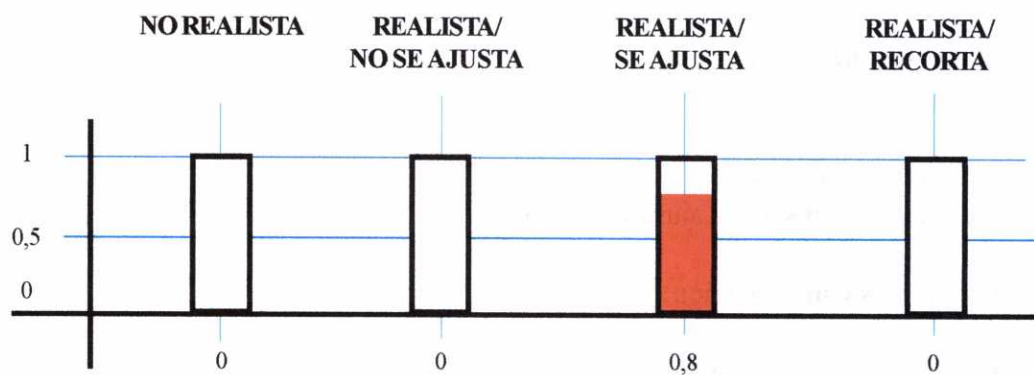
Las etiquetas que se han utilizado para definir esta variable permiten definir varios conceptos en la misma, es decir, las distintas etiquetas no representan distintos grados de un mismo concepto a modo de escala, si no que en este caso se han tomado palabras que hacen referencia a distintos subconceptos enmascarados en una misma variable.

Los grados de pertenencia de la variable a esas etiquetas adoptarán valores discretos 0 ó 1, es decir conjuntos borrosos del tipo singleton.

APR 12

Cuando el plazo sea prioritario, se puede ir a un modelo en el que se permita dar valores en el intervalo $[0, 1]$, a los grados de pertenencia de las distintas etiquetas, con lo cual se consigue afinar la valoración de esta variable, fundamental en el caso de que el plazo sea trascendental.

APR 12



El valor de esta variable influirá directamente y de forma severa sobre la variable de abstracción **PLAZO** de la primera capa del controlador.

Código:

APR13

Descripción abreviada:

Seguros.

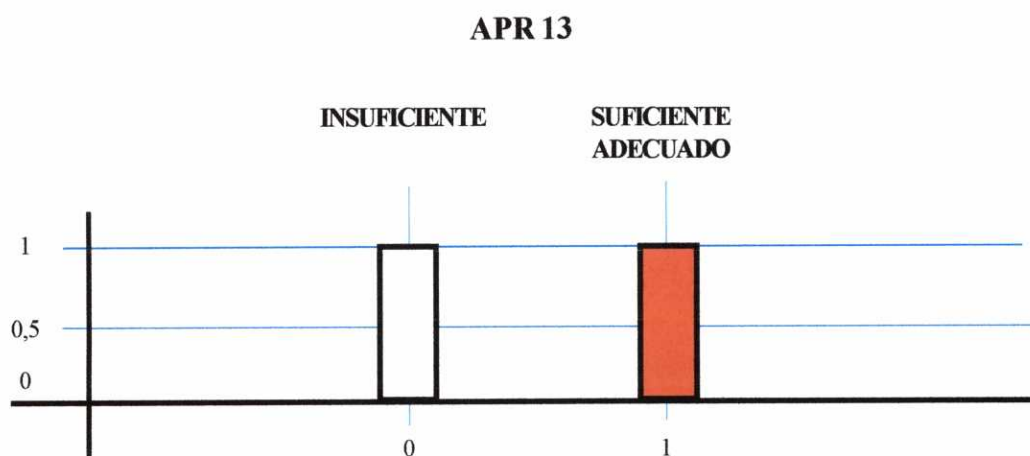
Descripción completa:

Grado de cobertura de las pólizas de seguros contratadas.

Comentarios y justificación:

Bajo el punto de vista de la propiedad la aportación por parte de la contrata de seguros que cubran diversas responsabilidades o contingencias es una cuestión de especial importancia para la consecución de los objetivos del proyecto así como para la contención del riesgo global. Se tendrán en cuenta las pólizas de seguros contratadas así como su cobertura real.

Será una variable no numérica en la que se evalúe no solamente el número de pólizas, lo cual carecería de sentido, si no su cobertura real y se establecerá una partición con dos etiquetas lingüísticas, pues afinar más en este sentido dificultaría la asignación de la etiqueta por parte del evaluador. Éste, después de la lectura de las pólizas aportadas por parte de la contrata, hará una asignación para esta variable de la etiqueta que mejor refleje el estado de cobertura que dichas pólizas aportan.



Esta variable, al igual que otras anteriores, se plantea con valores discretos de pertenencia a las etiquetas lingüísticas de 0 ó 1, aunque si se desea sensibilizar o matizar más la evaluación de este concepto, se puede ir a un modelo en el que se permita dar valores en el intervalo $[0,1]$. En este caso se ha tomado la primera opción.

En el esquema del controlador esta variable afectará de forma directa a la variable intermedia **RIESGO**, y lo hará a través de alguna regla «duras».

Código:

APR14

Descripción abreviada:

Subcontratación.

Descripción completa:

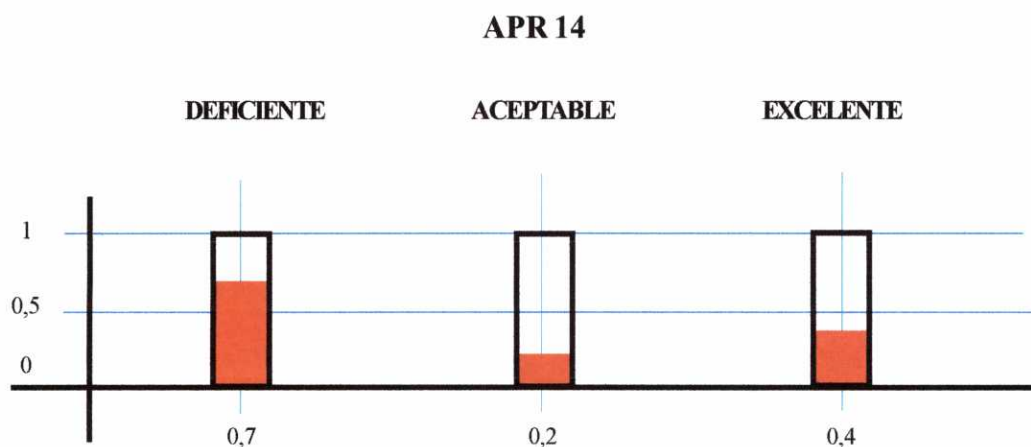
Valoración global de la subcontratación.

Comentarios y justificación:

El número de subcontratas que utilizará la contrata principal, la valoración global de la subcontrata y el control que sobre las mismas ejerza la contrata principal serán los criterios que rijan la evaluación de este parámetro.

En este caso a juicio del evaluador se juzgará la mayor o menor conveniencia de la existencia de subcontrata en función del tipo de obra. Será una variable no numérica que se estimará en una partición de tres etiquetas.

La valoración se hará a través de una etiqueta no numérica en la que se englobará la evaluación global que el contratista propone para la obra. Los conjuntos borrosos que se proponen son del tipo «singleton». Sin embargo dada la cantidad de apreciaciones que pueden rodear a este parámetro se va a permitir que el evaluador asigne valores de pertenencia a la etiqueta lingüística en el intervalo $[0,1]$ dotando de matices muy interesantes la evaluación de esta variable.



En variables de este tipo es claro que en ocasiones y en el caso que nos ocupa, en función del tipo de obra, las condiciones de subcontrata que se prevean, pueden ser «buenas» o «malas» a juicio del evaluador. A esta conclusión se llegaría a partir de un proceso mental por parte del evaluador de difícil sistematización. Independientemente de esta evaluación, las reglas que ligen esta variable con la variable de abstracción intermedia permanecerán invariables para una determinada política de selección, remitiéndose las posibles variaciones de idoneidad a la asignación del valor de la propia variable.

Las variables a las que se conectará este parámetro serán las de **ORGANIZACIÓN-RECURSOS** y **CALIDAD**. La conexión con estas variables intermedias se hará de forma leve, pues estas variables ya son generadas por otros parámetros introducidos previamente.

Código:

APR15

Descripción abreviada:

Interés mostrado, incluido tiempo de respuesta.

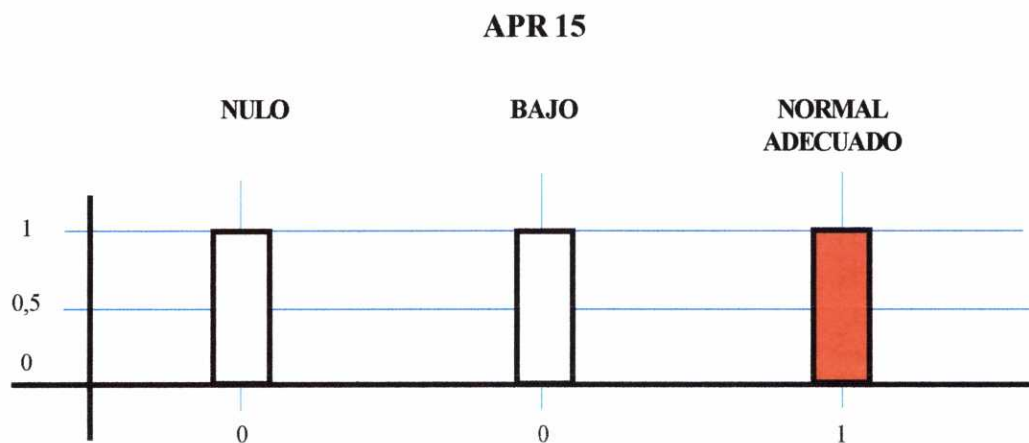
Descripción completa:

Interés mostrado en la realización, incluido el tiempo de respuesta.

Comentarios y justificación:

Este parámetro tratará de medir el interés mostrado por parte del contratista en la realización del proyecto, con objeto de valorar los posibles beneficios que este interés acarrearía para la obra. Es claro que algunas obras pueden representar para un determinado contratista un interés especial, ya sea por la zona en que se implante la obra, la repercusión social de la misma, etc, que haga que la dedicación, esmero y el cuidado en la realización sean extraordinarios, lo cual beneficia los objetivos del proyecto.

Uno de los factores a tener en cuenta para poder evaluar este parámetro sería tiempo de respuesta a la oferta, o el interés mostrado verbalmente o que incluso el evaluador pueda intuir a través de las consultas que durante el proceso de oferta pueda hacer el constructor para aclarar cuestiones relativas al proyecto. Esta variable se trata de medir a través de parámetros cualitativos (interés) y cuantitativos (tiempo). Este es el motivo por el que se planteará como una variable lingüística, a través de una partición borrosa de tres elementos. Los grados de pertenencia a estas etiquetas lingüísticas serán del tipo binario, es decir tomarán valores 0 ó 1.



Esta variable afectará con reglas blandas que actúen matizando la variable intermedia **RIESGO**.

Código:

APR16

Descripción abreviada:

Incumplimientos críticos.

Descripción completa:

Historial y referencias de incumplimientos críticos.

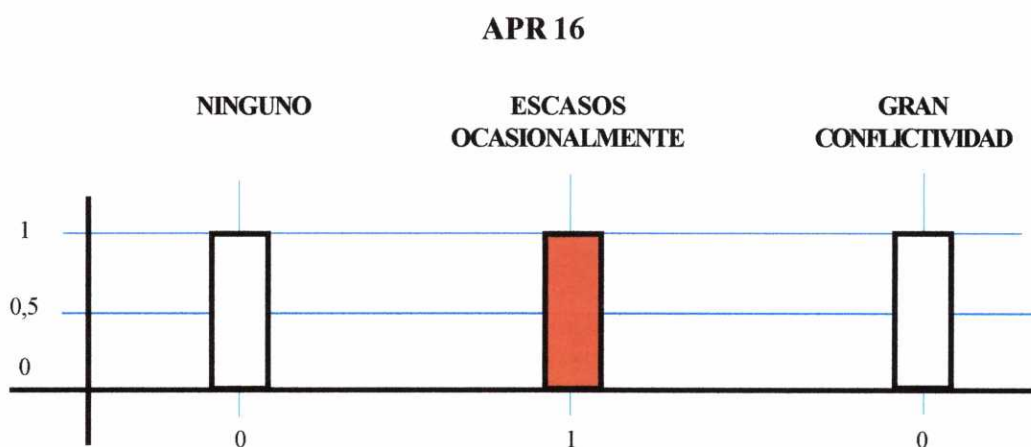
Comentarios y justificación:

Esta variable trata de evaluar el historial de incumplimientos del contratista contra los objetivos críticos (alcance, plazo, costo, calidad) de sus clientes anteriores. Esta información se puede recoger a través del contacto con los clientes del contratista para contrastar su «curriculum vitae». Incluirá cualquier conflicto y sus consecuencias. Se pondrá especial atención en valorar los procesos legales en tribunales y sobre todo si afectan al mismo tipo de obra.

En definitiva se tratará de evaluar el historial y las referencias de incumplimientos críticos por causas propias del contratista en obras anteriores, así como otros conflictos y procesos judiciales por causas propias en el incumplimiento de otros objetivos críticos.

No tiene sentido plantear una variable de tipo numérico pues el número de incidencias sin sus consecuencias para los intereses de la propiedad, no daría una idea real de la seriedad o conflictividad del ofertante. Por lo tanto será otra variable lingüística en la que no se tendrá simplemente en cuenta el número de conflictos si no el alcance de los mismos y el hecho de que, en caso de reproducirse, tuvieran una influencia perjudicial sobre el proyecto en cuestión.

La partición borrosa se plantea con tres etiquetas y con grados de pertenencia binarios. El evaluador después de investigar los aspectos referidos anteriormente se hará una composición de lugar y asignará la etiqueta que más se ajuste a los datos obtenidos. Con objeto de facilitar esta asignación se permiten únicamente valores binarios 0 ó 1, tal como se indica en la figura siguiente.



Como es una variable que afectará de forma importante al **RIESGO** se propondrá en principio una partición de cinco valores con objeto de afinar su determinación.

Código:

APR17

Descripción abreviada:

Incumplimientos secundarios.

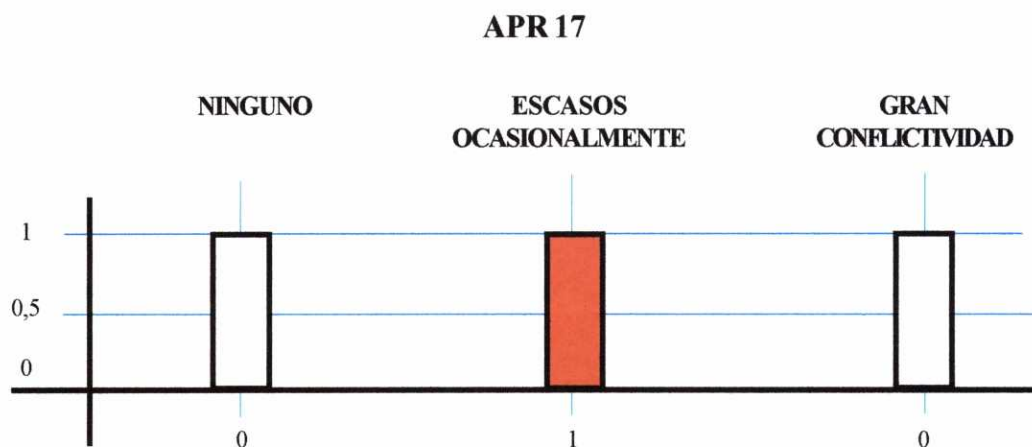
Descripción completa:

Historial y referencias de incumplimientos secundarios.

Comentarios y justificación:

Esta es una variable complementaria a la anterior. Los incumplimientos secundarios son los que no afectan a los objetivos críticos del cliente. Los objetivos de alcance, plazo, coste y calidad del cliente, que se presupone de cierta cultura en la dirección de proyectos, siempre están priorizados, sea de manera formal o informal, y siempre hay uno o dos críticos que afectarán de forma directa al posible fracaso del proyecto, y otros que no.

Como lo que se trata de conseguir con esta variable es complementar a la anterior se escogerá una partición igual y con los mismos posibles valores de pertenencia.



Afectará de una forma menos importante a la variable **RIESGO** y por lo tanto se implementará con una partición de tres etiquetas.



Código:

APR18

Descripción abreviada:

Facturación a la fecha.

Descripción completa:

Avance de facturación a la fecha en relación con historial.

Comentarios y justificación:

Esta variable junto con la siguiente tratará de determinar si el deseo en la realización de la obra se debe simplemente a una necesidad imperiosa de contratar para facturar a toda costa y no a un deseo legítimo que toda empresa debería de tener de obtener la máxima facturación anual.

Este parámetro deberá evaluarse de forma conveniente para no confundir los dos conceptos anteriores, esto se podrá realizar a través del estudio del avance en facturación a la fecha en relación con historial anterior y de un ratio que tratará de reflejar de forma apropiada la idea anterior.

Se trata en definitiva de detectar una falta de continuidad en la facturación de una empresa que pudiera ser síntoma de un mal funcionamiento interno que podría perjudicar los intereses de la propiedad.

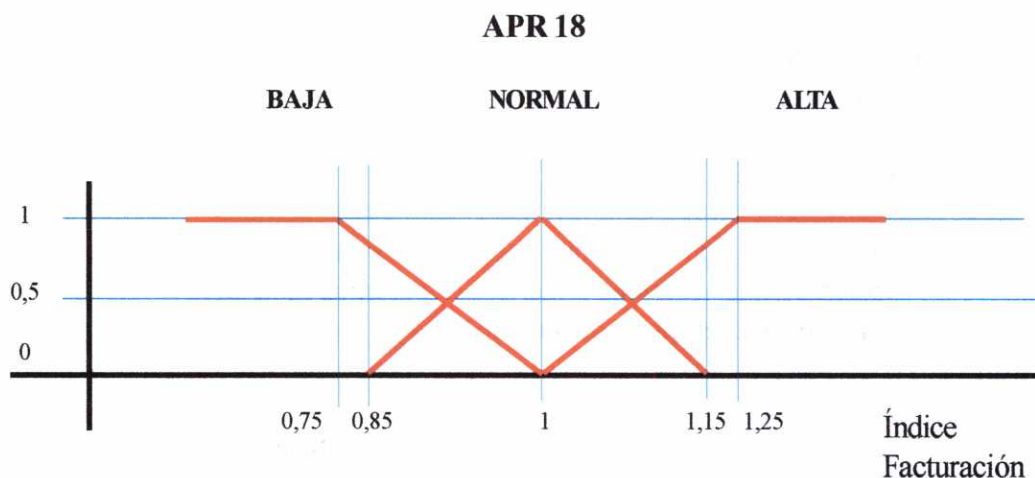
Para evaluar esta continuidad en la facturación, en principio se pensó en una comparación entre la facturación del año anterior y la facturación del año en curso (corregida con un coeficiente de los días transcurridos) a través de un ratio. Sin embargo se observó que este ratio era dependiente del momento de realizar la evaluación. Al ser este sector altamente estacional la evaluación realizada en los primeros meses del año no tendría por que reflejar la situación real, y podría ser muy diferente si la evaluación se realiza en los últimos meses del año una vez pasado el verano.

Con objeto de paliar este problema se ha planteado un ratio que da continuidad a la evaluación y consiste en pedir la facturación de los últimos 18 meses desglosada por meses y después agruparla, por una parte, en los seis últimos meses, y por otra, en los doce restantes meses anteriores. Con estos dos valores se crea un ratio denominado Índice de facturación, que se determina como $IF = 2 * F_6 / F_{12}$, en donde F_6 y F_{12} son las facturaciones antes indicadas.

Con este procedimiento se palia en gran medida la estacionalidad o concentración de la facturación en determinados meses que se da en este sector. De todas maneras no se tiene en cuenta la evolución del mercado, pero al ser el mismo período para todos los evaluados no tiene importancia. No debe olvidarse que el objetivo final es dar una clasificación relativa entre los ofertantes con objeto de escoger uno u ordenarlos por orden de preferencia. Por lo tanto es una medida relativa y no absoluta.

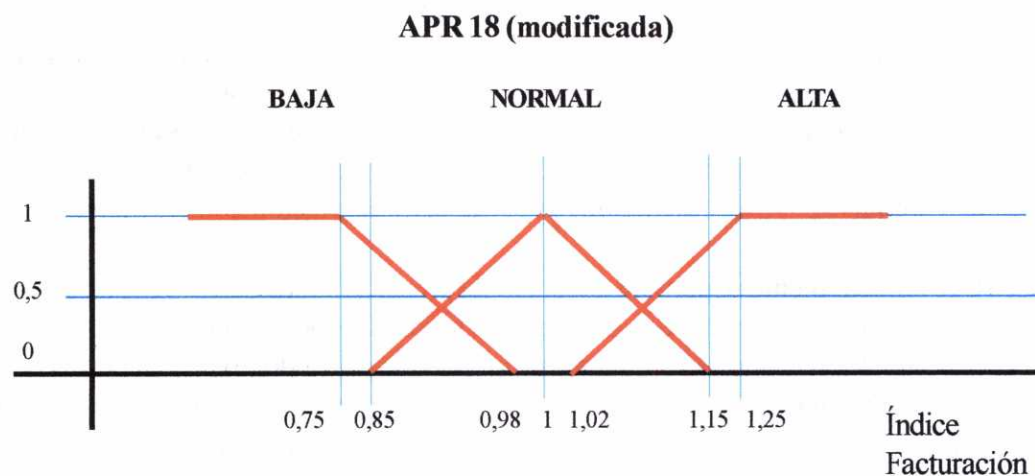
Sobre este índice que se ha definido se crea una variable numérica con una partición

borrosa de tres etiquetas, tal como se indica en la siguiente figura. Las etiquetas que se han escogido son muy sencillas para poder realizar con facilidad en el proceso posterior, las reglas que formarán la base de conocimiento que afecten a este parámetro. Se han tomado tres etiquetas lingüísticas.



Por ser de vital importancia este valor, que afectará a la determinación del **RIESGO** se ha planteado una variable numérica calculada en base a datos cuantitativos objetivos. El cálculo del índice sobre el que se realiza la partición lo calculará la aplicación creada y el usuario solo debe introducir los datos objetivos que generan dicho índice. Por lo tanto como ocurre en otras variables de este mismo tipo las etiquetas definidas en la partición serán totalmente transparentes para el usuario final. Únicamente se utilizarán para realizar la base de conocimiento para la realización de reglas.

Como ha ocurrido en casos posteriores se observó cuando se ha probado el modelo final, y debido al tipo de reglas introducidas, que se hacía conveniente desplazar los puntos final e inicial de las etiquetas izquierda y derecha respectivamente de la zona central, con objeto de dar un margen real de bondad para el valor central del índice de la etiqueta asignada como valor normal. Este hecho se muestra en la figura siguiente.



Este desplazamiento sería modificable según las preferencias del usuario.

Código:

APR19

Descripción abreviada:

Contratación a la fecha.

Descripción completa:

Avance de contratación a la fecha en relación con historial. Ratios.

Comentarios y justificación:

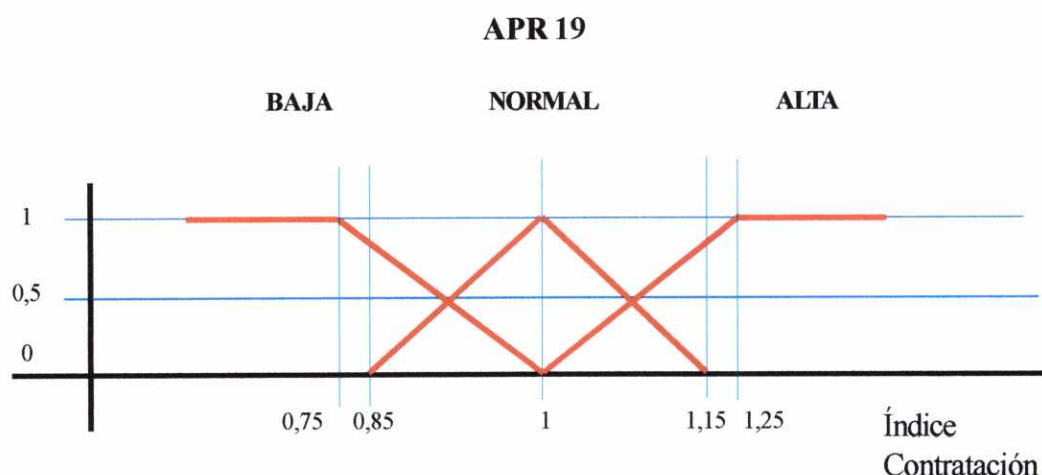
Como complemento de la variable anterior y afectando también el parámetro de abstracción **RIESGO** se plantea esta nueva entrada que trata de medir el volumen de obra en contratación a la fecha en relación con historial de años anteriores.

De nuevo se trata de detectar una necesidad de contratar imperiosa por parte del contratista que pudiese perjudicar, por haber ofertado en exceso a la baja, posibles partidas de la realización de la obra.

Con objeto de poder definir una variable numérica, se define un ratio, Índice de contratación, que se determina como $IC = 2 * C_6 / C_{12}$, en donde C_6 y C_{12} son las contrataciones en los seis últimos meses, y por otra, las contrataciones en los doce restantes meses anteriores.

La evaluación positiva independientemente del tipo de proyecto sería la que, en el momento actual presentase una continuidad con respecto a los años anteriores, lo cual daría idea de una estabilidad en la empresa que redundaría en beneficio de la obra.

La variable se ha planteado al igual que la anterior, a través de la introducción en el sistema de valores numéricos objetivos, y la aplicación calculará el índice correspondiente que es el dominio sobre en que se ha establecido la partición de tres etiquetas tal y como se indica en la figura siguiente.



Esta variable afectará de forma normal (color azul) a la variable de abstracción **RIESGO** matizando el valor que tome esta variable generada por variables de entrada que tiene un peso o influencia mayor en la misma.

Con respecto a los puntos finales e iniciales de las etiquetas extremas, se han hecho las mismas modificaciones que en el caso anterior y por las razones expuestas anteriormente.

Código:

APR20

Descripción abreviada:

Estado financiero.

Descripción completa:

Solvencia económica. Estabilidad financiera.

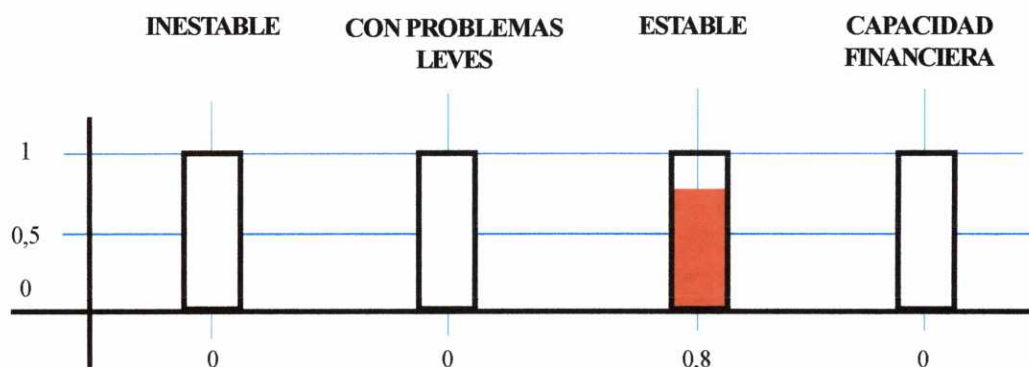
Comentarios y justificación:

En esta variable se reflejará la solvencia económica y estabilidad financiera de la empresa. No se plantea en principio una variable numérica, pues las variables que definen el estado financiero a nivel contable de una empresa son muchas sería y excesivamente complejo su evaluación.

Se plantearán cuatro etiquetas que definan de forma global este estado financiero y para ello se valorarán los recursos propios, créditos pendientes, valor de las acciones caso de cotizar, etc. Estas etiquetas van desde la que define un estado de INESTABILIDAD manifiesta, que reflejaría un estado de suspensión de pagos o quiebra o una inminencia de los mismos estados, hasta un estado saneado de CAPACIDAD FINANCIERA, en que la propia empresa dispone de recursos propios para financiar la obra entera y que el cliente pagaría como un crédito.

Los conjuntos borrosos que se proponen para las etiquetas son del tipo «singleton». Sin embargo dada la cantidad de matices que rodean a este parámetro se va a permitir que el evaluador asigne valores de pertenencia a la etiqueta lingüística en el intervalo $[0,1]$. De esta forma se dota de matices a la evaluación de este parámetro.

Esta variable afectará de forma leve a las variables intermedias **PLAZO** y **COSTE**. Esta influencia no será totalmente simétrica, sino que se penalizarán de forma más grave las tendencias a la zona inestable que se premiarán las tendencias a la zona de capacidad financiera.

APR 20

Esta valor no será decisivo por su difícil evaluación y afectará de forma leve a la variable Plazo. En principio se hará una partición de tres valores para su fácil determinación.

Código:

APR21

Descripción abreviada:

Diferencial de precio.

Descripción completa:

Diferencia entre precio ofertado y precio homogeneizado.

Comentarios y justificación:

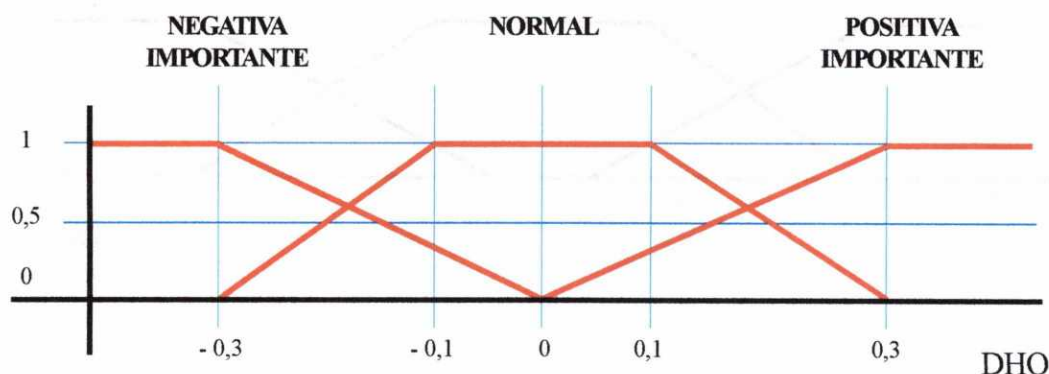
Las dos últimas variables de entrada al sistema representan uno de los parámetros que clásicamente y por motivos obvios han tenido un peso importante en la selección de un contratista, y este no es más que el valor de la oferta económica.

Ha quedado justificado en lo expuesto anteriormente que las últimas tendencias han quitado algo de protagonismo a esta variable haciendo que no sea el único parámetro de decisión final para la selección, al tener en cuenta otros muchos factores, que en nuestro caso, han tratado de quedar reflejados en la evaluación de las variables precedentes.

Frases como «lo barato a la larga es caro» han llegado a calar también en el mundo de la construcción. A pesar de todo lo dicho no se puede negar la importancia real de este factor. En el sistema que se propone se establecen dos medidas para reflejar y tratar de representar y sistematizar de forma lo más real posible estas dos ideas.

Como los valores de los precios absolutos o sus derivados no reflejan el valor relativo de lo que se oferta a un determinado coste se recurrirá a esta variable. A través de este parámetro se comparan el precio ofertado sin homogeneizar (PO) y el precio homogeneizado (PH) de la oferta presentada y se creará un ratio $DOH = (PH - PO) / PO$ que será particionado en torno al valor cero. La partición borrosa será de tres etiquetas para poder desarrollar con facilidad las reglas borrosas que afecten a esta entrada.

Que el valor DOH sea menor que cero sería excepcional y normalmente nunca ocurre. Si

APR 21

sucediese, podía deberse a errores de cálculo en la realización de la oferta, errores al alza en precios unitarios o mediciones o falta de comprensión del proyecto.

Lo usual será que DOH sea mayor que cero y en este caso los motivos pueden ser:

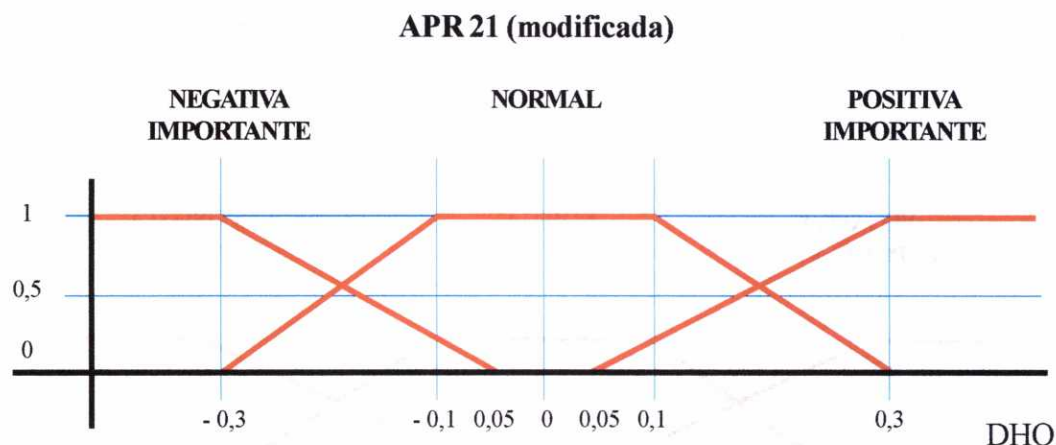
- errores matemáticos
- errores grandes de estimación de precios unitarios o mediciones
- falta de comprensión del proyecto
- redefinición intencionada del alcance por modificación de las unidades de obra
- desequilibrio intencionado en el tiempo de los precios de inicio y final de obra para evitar costes financieros o por otras razones. Esto delataría una inestabilidad económica de la empresa ofertante.

- haber detectado omisiones o errores en el proyecto facultativo valorando a la baja esas unidades de obra sin declararlo, es decir, utilizar errores del proyectista para conseguir por precio la obra y luego desvelar el error una vez adjudicada.

Estas razones apuntadas pueden darse de forma indistinta y no se tienen datos estadísticos que hagan prevalecer una sobre otra. Sin embargo podrían calificarse como más importantes las tres últimas. De todas formas el sistema evaluará la influencia de este parámetro sin tener en cuenta las razones que lo han generado, aunque éstas si que habrá que tenerlas en cuenta a la hora de definir las reglas.

Este valor afectará a la variable intermedia **Coste** que únicamente tiene en cuenta los gastos que ocasiona la realización del proyecto.

Esta variable obviamente de tipo cualitativo será introducida en la base de conocimiento a través de un índice calculado por la aplicación. En este caso también se ha planteado una modificación en los puntos que describen las curvas de las etiquetas extremas para evitar el problema planteado ya con otras etiquetas de carácter numérico y particionadas de forma similar.



Código:

APR22

Descripción abreviada:

Diferencial de coste.

Descripción completa:

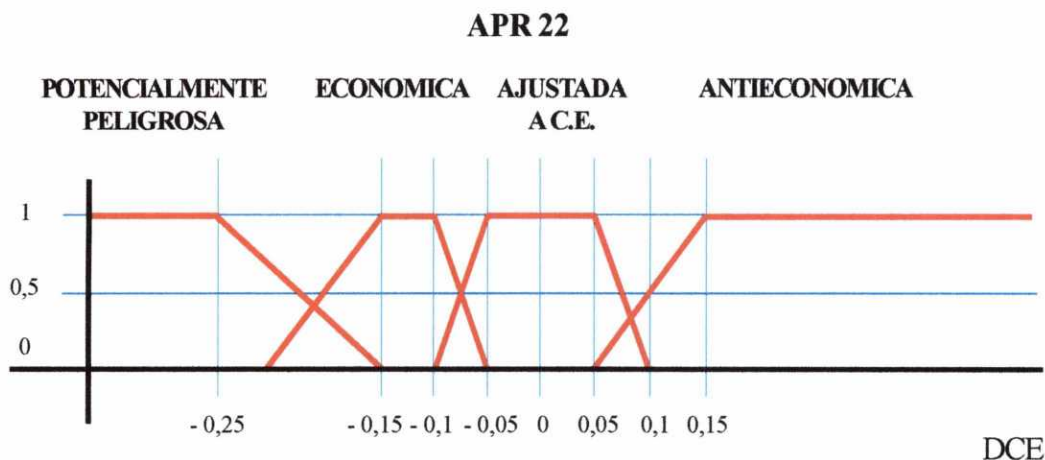
Diferencia entre precio homogeneizado y coste estimado.

Comentarios y justificación:

Una vez que se han homogeneizado todos los precios, y como valor final para la realización de la evaluación, se recurre a la determinación de la diferencia entre el precio homogeneizado y un precio de referencia denominado coste estimado. Se entiende por coste estimado CE la estimación realista realizada por una ingeniería o consultoría competente, basándose en las especificaciones, planos, mediciones y estado actual del mercado. Se parte de la base de que el CE es suficientemente realista, y servirá como patrón independiente para evaluar lo «barato» o «caro» que resulta la oferta.

El índice o valor sobre el que se establecerá la partición se calculará en base a la diferencia entre el precio ya homogeneizado y el coste estimado respecto al coste estimado, es decir, $(PH - CE) / CE$.

El cálculo del índice se hará de forma automática por parte de la aplicación, y este valor que reflejará el realismo del precio ofertado, la posible «baja temeraria», etc. y será particionado en cuatro etiquetas tal y como se indica en la siguiente figura.



Dada su gran importancia atacará directamente sobre las reglas que definen la variable **COSTE**. Las reglas que se definan aquí deberían incluir todos los posibles casos de la partición de la variable. Como se observa en la figura se han definido cuatro etiquetas las dos centrales con tramos horizontales que permiten una cierta holgura para los valores del índice que definen

sus etiquetas. Dada la importancia real de esta variable se han considerado incluso pendientes distintas en cada uno de los tramos que definen la forma de cada una de las funciones de pertenencia de las etiquetas de la partición.

ANEXO II.

BASE INICIAL DE CONOCIMIENTO EXPERTO.

Contenido:

1. Introducción.
2. La base de conocimiento experto.

$$F_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{1 + e^{-\mu_{ij} x_{ik}}} \quad (1)$$

$$F_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{1 + e^{-\mu_{ij} x_{ik}}} \quad (2)$$

$$F_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \frac{1}{1 + e^{-\mu_{ij} x_{ik}}} \quad (3)$$

1. INTRODUCCIÓN

En las siguientes tablas se muestran todas las sentencias o reglas de la base de conocimiento inicial con las que se generan las variables intermedias de abstracción así como la variable de evaluación final.

Esta es la base de reglas completa que ha servido como punto de partida para la generación de la base definitiva, mas corta, que es la que se ha introducido en la aplicación informática.

Para la variable de evaluación final, debido al trabajo laborioso que conlleva, se ha optado por generar únicamente una base de reglas para la primera política de PLAZO.

Las otras dos políticas se han generado a partir de la base de reglas reducida para esta política. Este procedimiento parece el más apropiado y que podría adoptarse de forma sistemática.

Dado que las diferencias entre las distintas políticas son fundamentalmente de matiz ante determinadas situaciones las, diferencias suelen ser leves y por lo tanto no surgirán situaciones o combinaciones de situaciones que no hayan surgido en la primera política. Por lo tanto parece adecuado razonar las situaciones que hayan surgido de la primera reducción de reglas en el caso de políticas distintas.

Este es el procedimiento que se ha utilizado y con el que se han creado los tres ficheros de políticas que se han definido en la aplicación creada y que se describe en el siguiente capítulo.

Las políticas que aquí se muestran sólo pretenden ser un modelo de lo que puede llegar a conseguirse con esta tecnología. En ningún momento se pretende establecer esta base de conocimiento como modelo definitivo. Se han seguido criterios basados en la experiencia de los directores de tesis y del doctorando, con el objeto de modelar sistemáticamente ese conocimiento experto. Pero como es lógico todas las decisiones adoptadas son susceptibles de opinión. Lo que aquí se demuestra y se consigue es modelar esas opiniones en base a sentencias muy sencillas de definir, y crear una base de conocimiento relativamente compleja en base a las mismas.

2. LA BASE DE CONOCIMIENTO EXPERTO.

El conocimiento experto es el conocimiento que posee un experto en un área específica. Este conocimiento es el resultado de la experiencia y el aprendizaje, y se utiliza para tomar decisiones y resolver problemas.

El conocimiento experto se puede representar de varias formas, como reglas, procedimientos, o modelos. En este caso, se utilizará la técnica del control borroso para representar el conocimiento experto.

El conocimiento experto se puede utilizar para tomar decisiones y resolver problemas. En este caso, se utilizará la técnica del control borroso para tomar decisiones y resolver problemas.

El conocimiento experto se puede utilizar para tomar decisiones y resolver problemas. En este caso, se utilizará la técnica del control borroso para tomar decisiones y resolver problemas.

El conocimiento experto se puede utilizar para tomar decisiones y resolver problemas. En este caso, se utilizará la técnica del control borroso para tomar decisiones y resolver problemas.

El conocimiento experto se puede utilizar para tomar decisiones y resolver problemas. En este caso, se utilizará la técnica del control borroso para tomar decisiones y resolver problemas.

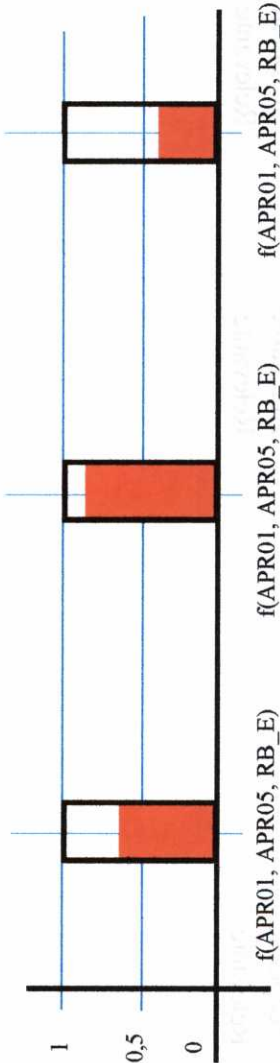
El conocimiento experto se puede utilizar para tomar decisiones y resolver problemas. En este caso, se utilizará la técnica del control borroso para tomar decisiones y resolver problemas.

VARIABLE DE ABSTRACCIÓN APR - E

Partición Borrosa para

Experiencia - Historial adecuado a la obra. APR_E.

INSUFICIENTE ACEPTABLE RELEVANTE



Bloque RB_E

Política

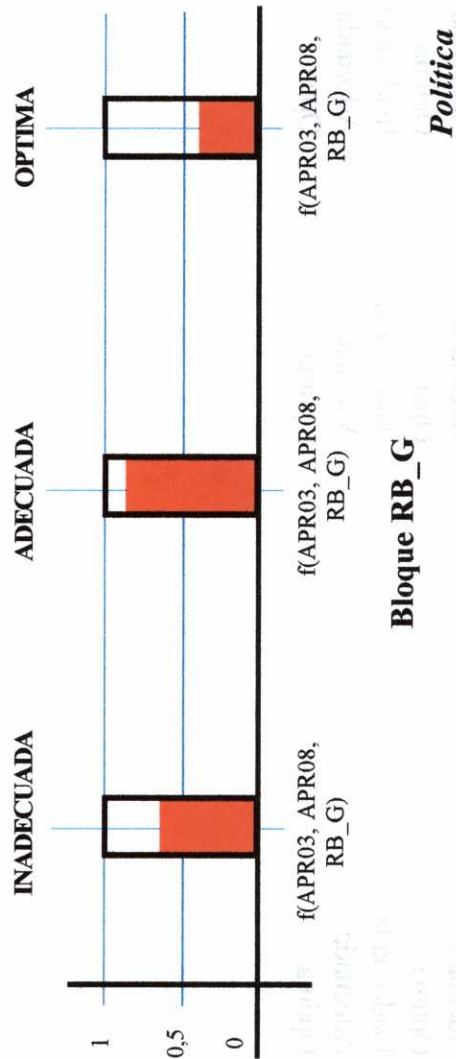
			PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR01, APR05			Salida: APR_E	Salida: APR_E	Salida: APR_E
SI			ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR01	APR05		APR_E	APR_E	APR_E
Experiencia en obras análogas					
1	Insuficiente	Escasa	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente
2	Insuficiente	Aceptable	Insuficiente	Insuficiente	Aceptable
3	Insuficiente	Relevante	Aceptable	Aceptable	Aceptable

Continuación del Bloque RB_E				Política
		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR01, APR05		Salida: APR_E	Salida: APR_E	Salida: APR_E
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR01	APR05	APR_E	APR_E	APR_E
Experiencia en obras análogas	Experiencia jefe obra y encarg.			
4	Aceptable	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente
5	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
6	Aceptable	Relevante	Relevante	Relevante
7	Relevante	Insuficiente	Insuficiente	Insuficiente
8	Relevante	Aceptable	Aceptable	Aceptable
9	Relevante	Relevante	Relevante	Relevante

VARIABLE DE ABSTRACCIÓN APR - G

Partición Borrosa para

Experiencia - Historial adecuado a la obra. APR_G.



		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR03, APR08		Salida: APR_G	Salida: APR_G	Salida: APR_G
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR03	APR08	APR_G	APR_G	APR_G
Equipos y maquinaria propia				
Estructura de organización				
1	Bajo	Inadecuada	Inadecuada	Inadecuada
2	Bajo	Adecuada	Adecuada	Adecuada
3	Bajo	Optima	Optima	Optima

Continuación del Bloque RB_G

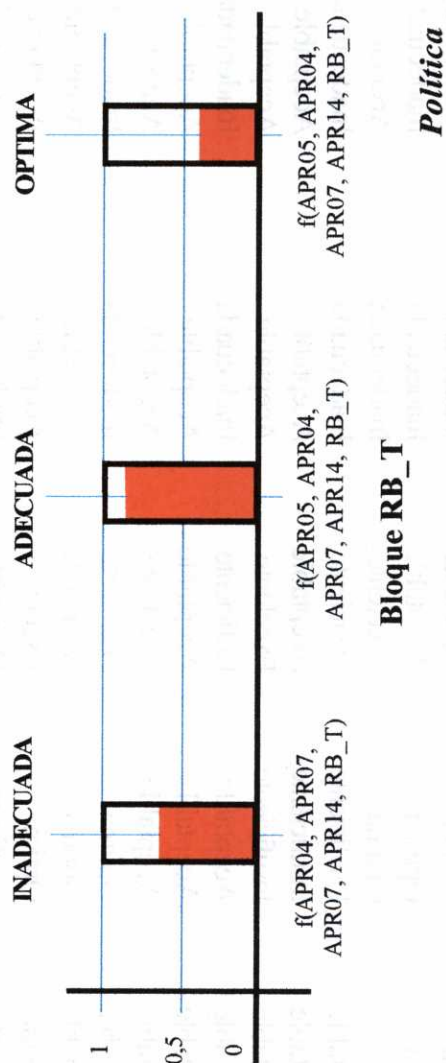
Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR03, APR08		Salida: APR_G	Salida: APR_G	Salida: APR_G
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR03	APR08	APR_G	APR_G	APR_G
Equipos y maquinaria propia	Estructura de organización			
4 Medio	Inadecuada	Inadecuada	Inadecuada	Inadecuada
5 Medio	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada
6 Medio	Optima	Optima	Optima	Optima
7 Alto	Inadecuada	Inadecuada	Inadecuada	Inadecuada
8 Alto	Adecuada	Adecuada	Adecuada	Adecuada
9 Alto	Optima	Optima	Optima	Optima

VARIABLE DE ABSTRACCIÓN APR - T

Partición Borrosa para

Experiencia - Historial adecuado a la obra. APR_T.



				PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR04, APR05, APR07, APR14				Salida: APR_T	Salida: APR_T	Salida: APR_T
SI				ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR04	APR05	APR07	APR14	APR_T	APR_T	APR_T
Op. control	Expe. J.O.	Otro P.T.	Suncontratación			
01 GradoSatisfac	Escasa	Insuficiente	Deficiente	Inadecuada	Inadecuada	Inadecuada
02 GradoSatisfac	Escasa	Insuficiente	Aceptable	Inadecuada	Inadecuada	Inadecuada
03 GradoSatisfac	Escasa	Insuficiente	Excelente	Inadecuada	Inadecuada	Aceptable
04 GradoSatisfac	Escasa	Aceptable	Deficiente	Inadecuada	Inadecuada	Inadecuada

Continuación del Bloque RB_T

Política

		PLAZO	COSTE		CALIDAD
Entradas: APR04, APR05, APR07, APR14		Salida: APR_T	Salida: APR_T		Salida: APR_T
SI		ENTONCES	ENTONCES		ENTONCES
APR04	APR05	APR07	APR14	APR_T	APR_T
Op. control	Expe. J.O.	Otro P.T.	Subcontratación		
05	GradoSatisfac	Escasa	Aceptable	Inadecuada	Aceptable
06	GradoSatisfac	Escasa	Excelente	Inadecuada	Aceptable
07	GradoSatisfac	Escasa	Deficiente	Inadecuada	Inadecuada
08	GradoSatisfac	Escasa	Aceptable	Inadecuada	Aceptable
09	GradoSatisfac	Escasa	Excelente	Inadecuada	Aceptable
10	GradoSatisfac	Aceptable	Deficiente	Inadecuada	Inadecuada
11	GradoSatisfac	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
12	GradoSatisfac	Aceptable	Excelente	Aceptable	Aceptable
13	GradoSatisfac	Aceptable	Deficiente	Inadecuada	Inadecuada
14	GradoSatisfac	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
15	GradoSatisfac	Aceptable	Excelente	Aceptable	Optima
16	GradoSatisfac	Aceptable	Deficiente	Inadecuada	Inadecuada
17	GradoSatisfac	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Aceptable
18	GradoSatisfac	Aceptable	Excelente	Aceptable	Optima
19	GradoSatisfac	Relevante	Deficiente	Inadecuada	Inadecuada
20	GradoSatisfac	Relevante	Aceptable	Aceptable	Aceptable
21	GradoSatisfac	Relevante	Excelente	Optima	Aceptable
22	GradoSatisfac	Relevante	Deficiente	Inadecuada	Inadecuada
23	GradoSatisfac	Relevante	Aceptable	Aceptable	Aceptable

Continuación del Bloque RB_T Política

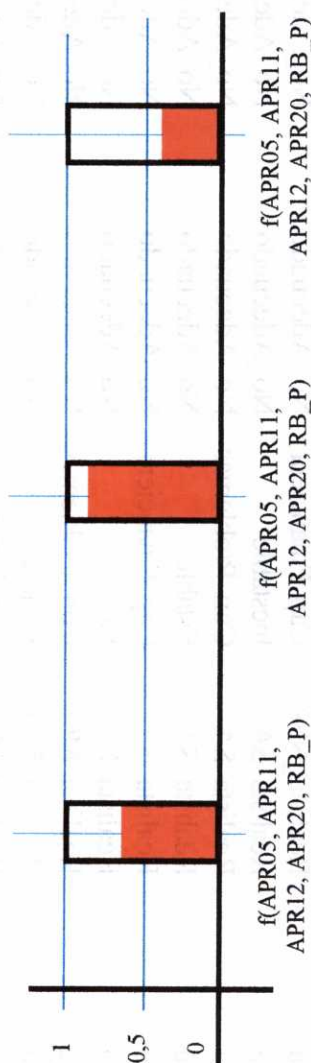
		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR04, APR05, APR07, APR14		Salida: APR_T	Salida: APR_T	Salida: APR_T
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR04	APR05	APR14	APR_T	APR_T
Op. control	Expe. I.O.	Otro P.T.	Suncontratación	
24	GradoSatisfac	Relevante	Aceptable	Optima
25	GradoSatisfac	Relevante	Optima	Inadecuada
26	GradoSatisfac	Relevante	Optima	Aceptable
27	GradoSatisfac	Relevante	Optima	Optima

VARIABLE DE ABSTRACCIÓN APR - P

Partición Borrosa para

Experiencia - Historial adecuado a la obra. APR_P.

NOADECUADO ADECUADO MEJORA OBJETIVO



Bloque RB_P

Política

				PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR05, APR11, APR12, APR20				Salida: APR_P	Salida: APR_P	Salida: APR_P
SI				ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR05	APR11	APR12	APR20	APR_P	APR_P	APR_P
Experiencia jefe de obra encargados	Accidentalidad	Programación	Estado financiero			
01 Escasa	Baja	No_Realista	Inestable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
02 Escasa	Baja	No_Realista	Con_Problemas	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
03 Escasa	Baja	No_Realista	Estable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado

Continuación del Bloque RB_P

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR05, APR11, APR12, APR20		Salida: APR_P	Salida: APR_P	Salida: APR_P
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR05	APR11	APR12	APR_P	APR_P
Experiencia jefe de obra encargados	Accidentalidad	Programación	Estado financiero	
04 Escasa	Baja	No_Realista	Cap_Financiera	No_Adecuado
05 Escasa	Baja	Realista_NSA	Inestable	No_Adecuado
06 Escasa	Baja	Realista_NSA	Con_Problemas	No_Adecuado
07 Escasa	Baja	Realista_NSA	Estable	No_Adecuado
8 Escasa	Baja	Realista_NSA	Cap_Financiera	No_Adecuado
9 Escasa	Baja	Realista_SA	Inestable	No_Adecuado
10 Escasa	Baja	Realista_SA	Con_Problemas	No_Adecuado
11 Escasa	Baja	Realista_SA	Estable	No_Adecuado
12 Escasa	Baja	Realista_SA	Cap_Financiera	No_Adecuado
13 Escasa	Baja	Realista_MO	Inestable	No_Adecuado
14 Escasa	Baja	Realista_MO	Con_Problemas	No_Adecuado
15 Escasa	Baja	Realista_MO	Estable	No_Adecuado
16 Escasa	Baja	Realista_MO	Cap_Financiera	No_Adecuado
17 Escasa	Media	No_Realista	Inestable	No_Adecuado
18 Escasa	Media	No_Realista	Con_Problemas	No_Adecuado
19 Escasa	Media	No_Realista	Estable	No_Adecuado
20 Escasa	Media	No_Realista	Cap_Financiera	No_Adecuado
21 Escasa	Media	Realista_NSA	Inestable	No_Adecuado

Continuación del Bloque RB_P

Política

		PLAZO		COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR05, APR11, APR12, APR20		Salida: APR_P	Salida: APR_P	Salida: APR_P	Salida: APR_P	Salida: APR_P	Salida: APR_P
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR05	APR11	APR12	APR20	APR_P	APR_P	APR_P	APR_P
Experiencia jefe de obra encargados	Accidentalidad	Programación	Estado financiero				
22 Escasa	Media	Realista_NSA	Con_Problemas	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
23 Escasa	Media	Realista_NSA	Estable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
24 Escasa	Media	Realista_NSA	Cap_Financiera	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
25 Escasa	Media	Realista_SA	Inestable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
26 Escasa	Media	Realista_SA	Con_Problemas	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
27 Escasa	Media	Realista_SA	Estable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
28 Escasa	Media	Realista_SA	Cap_Financiera	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
29 Escasa	Media	Realista_MO	Inestable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
30 Escasa	Media	Realista_MO	Con_Problemas	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
31 Escasa	Media	Realista_MO	Estable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
32 Escasa	Media	Realista_MO	Cap_Financiera	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
33 Escasa	Alta	No_Realista	Inestable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
34 Escasa	Alta	No_Realista	Con_Problemas	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
35 Escasa	Alta	No_Realista	Estable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
36 Escasa	Alta	No_Realista	Cap_Financiera	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
37 Escasa	Alta	Realista_NSA	Inestable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
38 Escasa	Alta	Realista_NSA	Con_Problemas	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
39 Escasa	Alta	Realista_NSA	Estable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado

Continuación del Bloque RB_P

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR05, APR11, APR12, APR20		Salida: APR_P	Salida: APR_P	Salida: APR_P
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR05	APR11	APR12	APR20	APR_P
Experiencia jefe de obra encargados	Accidentalidad	Programación	Estado financiero	
40 Escasa	Alta	Realista_NSA	Cap_Financiera	No_Adecuado
41 Escasa	Alta	Realista_SA	Inestable	No_Adecuado
42 Escasa	Alta	Realista_SA	Con_Problemas	No_Adecuado
43 Escasa	Alta	Realista_SA	Estable	No_Adecuado
44 Escasa	Alta	Realista_SA	Cap_Financiera	No_Adecuado
45 Escasa	Alta	Realista_MO	Inestable	No_Adecuado
46 Escasa	Alta	Realista_MO	Con_Problemas	No_Adecuado
47 Escasa	Alta	Realista_MO	Estable	No_Adecuado
48 Escasa	Alta	Realista_MO	Cap_Financiera	No_Adecuado
49 Aceptable	Baja	No_Realista	Inestable	No_Adecuado
50 Aceptable	Baja	No_Realista	Con_Problemas	No_Adecuado
51 Aceptable	Baja	No_Realista	Estable	No_Adecuado
52 Aceptable	Baja	No_Realista	Cap_Financiera	No_Adecuado
53 Aceptable	Baja	Realista_NSA	Inestable	No_Adecuado
54 Aceptable	Baja	Realista_NSA	Con_Problemas	No_Adecuado
55 Aceptable	Baja	Realista_NSA	Estable	No_Adecuado
56 Aceptable	Baja	Realista_NSA	Cap_Financiera	No_Adecuado
57 Aceptable	Baja	Realista_SA	Inestable	No_Adecuado

Continuación del Bloque RB_P

Política

		PLAZO		COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR05, APR11, APR12, APR20		Salida: APR_P		Salida: APR_P		Salida: APR_P	
SI		ENTONCES		ENTONCES		ENTONCES	
APR05	APR11	APR12	APR20	APR_P	APR_P	APR_P	APR_P
Experiencia jefe de obra encargados	Accidentalidad	Programación	Estado financiero				
58	Acceptable	Baja	Realista_SA	Con_Problemas	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
59	Acceptable	Baja	Realista_SA	Estable	Adecuado	Adecuado	Adecuado
60	Acceptable	Baja	Realista_SA	Cap_Financiera	Adecuado	Adecuado	Adecuado
61	Acceptable	Baja	Realista_MO	Inestable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
62	Acceptable	Baja	Realista_MO	Con_Problemas	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
63	Acceptable	Baja	Realista_MO	Estable	Adecuado	Mejora Obj.	Mejora Obj.
64	Acceptable	Baja	Realista_MO	Cap_Financiera	Mejora Obj.	Mejora Obj.	Mejora Obj.
65	Acceptable	Media	No_Realista	Inestable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
66	Acceptable	Media	No_Realista	Con_Problemas	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
67	Acceptable	Media	No_Realista	Estable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
68	Acceptable	Media	No_Realista	Cap_Financiera	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
69	Acceptable	Media	Realista_NSA	Inestable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
70	Acceptable	Media	Realista_NSA	Con_Problema	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
71	Acceptable	Media	Realista_NSA	Estable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
72	Acceptable	Media	Realista_NSA	Cap_Financiera	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
73	Acceptable	Media	Realista_SA	Inestable	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
74	Acceptable	Media	Realista_SA	Con_Problemas	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
75	Acceptable	Media	Realista_SA	Estable	Adecuado	Adecuado	Adecuado

Continuación del Bloque RB_P

Política

		PLAZO	COSTE		CALIDAD
Entradas: APR05, APR11, APR12, APR20		Salida: APR_P	Salida: APR_P		Salida: APR_P
SI		ENTONCES	ENTONCES		ENTONCES
APR05	APR11	APR12	APR20	APR_P	APR_P
Experiencia jefe de obra encargados	Accidentalidad	Programación	Estado financiero		
76	Aceptable	Media	Cap_Financiera	Adecuado	Adecuado
77	Aceptable	Media	Realista_MO	No_Adecuado	No_Adecuado
78	Aceptable	Media	Realista_MO	No_Adecuado	No_Adecuado
79	Aceptable	Media	Realista_MO	Adecuado	Adecuado
80	Aceptable	Media	Cap_Financiera	Adecuado	Adecuado
81	Aceptable	Alta	Realista_MO	No_Adecuado	No_Adecuado
82	Aceptable	Alta	Realista_MO	No_Adecuado	No_Adecuado
83	Aceptable	Alta	Realista_MO	No_Adecuado	No_Adecuado
84	Aceptable	Alta	Cap_Financiera	No_Adecuado	No_Adecuado
85	Aceptable	Alta	Realista_NSA	No_Adecuado	No_Adecuado
86	Aceptable	Alta	Realista_NSA	No_Adecuado	No_Adecuado
87	Aceptable	Alta	Realista_NSA	No_Adecuado	No_Adecuado
88	Aceptable	Alta	Cap_Financiera	No_Adecuado	No_Adecuado
89	Aceptable	Alta	Realista_SA	No_Adecuado	No_Adecuado
90	Aceptable	Alta	Realista_SA	No_Adecuado	No_Adecuado
91	Aceptable	Alta	Realista_SA	No_Adecuado	No_Adecuado
92	Aceptable	Alta	Cap_Financiera	No_Adecuado	No_Adecuado
93	Aceptable	Alta	Realista_MO	No_Adecuado	No_Adecuado

Continuación del Bloque RB_P

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR05, APR11, APR12, APR20		Salida: APR_P	Salida: APR_P	Salida: APR_P
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR05	APR11	APR12	APR_P	APR_P
Experiencia jefe de obra encargados	Accidentalidad	Programación	Estado financiero	
94 Aceptable	Alta	Realista_MO	Con Problemas	No Adecuado
95 Aceptable	Alta	Realista_MO	Estable	No Adecuado
96 Aceptable	Alta	Realista_MO	Cap Financiera	No Adecuado
97 Relevante	Baja	No Realista	Inestable	No Adecuado
98 Relevante	Baja	No Realista	Con Problemas	No Adecuado
99 Relevante	Baja	No Realista	Estable	No Adecuado
100 Relevante	Baja	No Realista	Cap Financiera	No Adecuado
101 Relevante	Baja	Realista_NSA	Inestable	No Adecuado
102 Relevante	Baja	Realista_NSA	Con Problemas	No Adecuado
103 Relevante	Baja	Realista_NSA	Estable	No Adecuado
104 Relevante	Baja	Realista_NSA	Cap Financiera	No Adecuado
105 Relevante	Baja	Realista_SA	Inestable	No Adecuado
106 Relevante	Baja	Realista_SA	Con Problemas	No Adecuado
107 Relevante	Baja	Realista_SA	Estable	Adecuado
108 Relevante	Baja	Realista_SA	Cap Financiera	Adecuado
109 Relevante	Baja	Realista_MO	Inestable	No Adecuado
110 Relevante	Baja	Realista_MO	Con Problemas	No Adecuado
111 Relevante	Baja	Realista_MO	Estable	Mejora Obj.

Continuación del Bloque RB_P

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR05, APR11, APR12, APR20		Salida: APR_P	Salida: APR_P	Salida: APR_P
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR05	APR11	APR12	APR20	APR_P
Experiencia jefe de obra encargados	Accidentalidad	Programación	Estado financiero	
112 Relevante	Baja	Realista_MO	Cap_Financiera	Mejora Obj.
113 Relevante	Media	No_Realista	Inestable	No_Adecuado
114 Relevante	Media	No_Realista	Con_Problemas	No_Adecuado
115 Relevante	Media	No_Realista	Estable	No_Adecuado
116 Relevante	Media	No_Realista	Cap_Financiera	No_Adecuado
117 Relevante	Media	Realista_NSA	Inestable	No_Adecuado
118 Relevante	Media	Realista_NSA	Con_Problemas	No_Adecuado
119 Relevante	Media	Realista_NSA	Estable	No_Adecuado
120 Relevante	Media	Realista_NSA	Cap_Financiera	No_Adecuado
121 Relevante	Media	Realista_SA	Inestable	No_Adecuado
122 Relevante	Media	Realista_SA	Con_Problemas	No_Adecuado
123 Relevante	Media	Realista_SA	Estable	Adecuado
124 Relevante	Media	Realista_SA	Cap_Financiera	Adecuado
125 Relevante	Media	Realista_MO	Inestable	No_Adecuado
126 Relevante	Media	Realista_MO	Con_Problemas	No_Adecuado
127 Relevante	Media	Realista_MO	Estable	Adecuado
128 Relevante	Media	Realista_MO	Cap_Financiera	Adecuado
				Mejora Obj.
				Mejora Obj.

Continuación del Bloque RB_P

Politica

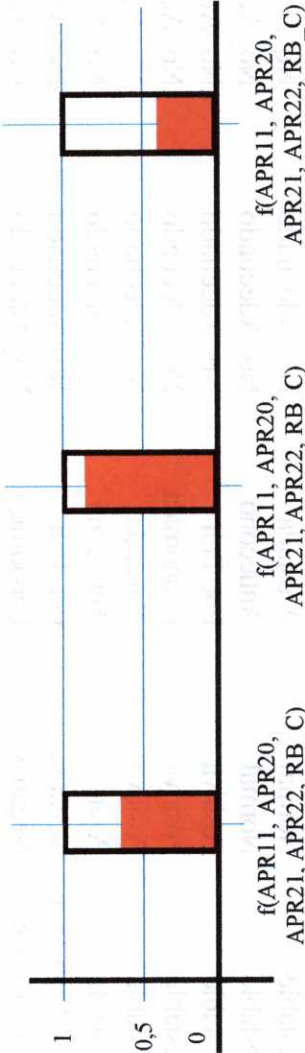
		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR05, APR11, APR12, APR20		Salida: APR_P	Salida: APR_P	Salida: APR_P
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR05	APR11	APR12	APR_P	APR_P
Experiencia jefe de obra encargados	Accidentalidad	Programación		
		Estado financiero		
129 Relevante	Alta	No Realista	Inestable	No_Adecuado
130 Relevante	Alta	No Realista	Con Problemas	No_Adecuado
131 Relevante	Alta	No Realista	Estable	No_Adecuado
132 Relevante	Alta	No Realista	Cap Financiera	No_Adecuado
133 Relevante	Alta	Realista_NSA	Inestable	No_Adecuado
134 Relevante	Alta	Realista_NSA	Con Problemas	No_Adecuado
135 Relevante	Alta	Realista_NSA	Estable	No_Adecuado
136 Relevante	Alta	Realista_NSA	Cap Financiera	No_Adecuado
137 Relevante	Alta	Realista_SA	Inestable	No_Adecuado
138 Relevante	Alta	Realista_SA	Con Problemas	No_Adecuado
139 Relevante	Alta	Realista_SA	Estable	No_Adecuado
140 Relevante	Alta	Realista_SA	Cap Financiera	No_Adecuado
141 Relevante	Alta	Realista_MO	Inestable	No_Adecuado
142 Relevante	Alta	Realista_MO	Con Problemas	No_Adecuado
143 Relevante	Alta	Realista_MO	Estable	No_Adecuado
144 Relevante	Alta	Realista_MO	Cap Financiera	No_Adecuado

VARIABLE DE ABSTRACCIÓN APR -C

Partición Borrosa para

Ajuste a coste estimado y riesgo de incumplirlo. APR_C.

NO ADECUADO ADECUADO MEJORA OBJETIVO



Bloque RB_C

Política

PLAZO			COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR11, APR20, APR21, APR22			Salida: APR_C	Salida: APR_C	Salida: APR_C	
SI			ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES	
APR11	APR20	APR21	APR22	APR_C	APR_C	APR_C
Accidenta.	Estado financiero	PO - PH	PH - CE			
1 Baja	Inestable	Negativa	Pot_Peli	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
2 Baja	Inestable	Negativa	Economica	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
3 Baja	Inestable	Negativa	Ajustada	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado

Continuación del Bloque RB_C

Política

		PLAZO	COSTE		CALIDAD
Entradas: APR11, APR20, APR21, APR22		Salida: APR_C	Salida: APR_C	Salida: APR_C	Salida: APR_C
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR11	APR20	APR21	APR22	APR_C	APR_C
Accidenta.	Estado financiero	PO - PH	PH - CE		
4	Baja	Inestable	Negativa	Antiecono	No_Adecuado
5	Baja	Inestable	Normal	Pot_Peli	No_Adecuado
6	Baja	Inestable	Normal	Economica	No_Adecuado
7	Baja	Inestable	Normal	Ajustada	No_Adecuado
8	Baja	Inestable	Normal	Antiecono	No_Adecuado
9	Baja	Inestable	Positiva	Pot_Peli	No_Adecuado
10	Baja	Inestable	Positiva	Economica	No_Adecuado
11	Baja	Inestable	Positiva	Ajustada	No_Adecuado
12	Baja	Inestable	Positiva	Antiecono	No_Adecuado
13	Baja	Con_Problemas	Negativa	Pot_Peli	No_Adecuado
14	Baja	Con_Problemas	Negativa	Economica	No_Adecuado
15	Baja	Con_Problemas	Negativa	Ajustada	No_Adecuado
16	Baja	Con_Problemas	Negativa	Antiecono	No_Adecuado
17	Baja	Con_Problemas	Normal	Pot_Peli	No_Adecuado
18	Baja	Con_Problemas	Normal	Economica	No_Adecuado
19	Baja	Con_Problemas	Normal	Ajustada	No_Adecuado
20	Baja	Con_Problemas	Normal	Antiecono	No_Adecuado

Continuación del Bloque RB_C

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR11, APR20, APR21, APR22		Salida: APR_C	Salida: APR_C	Salida: APR_C
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR11	APR20	APR21	APR22	APR_C
Accidenta.	Estado financiero	PO - PH	PH - CE	
21 Baja	Con_Problemas	Positiva	Pot_Peli	No_Adecuado
22 Baja	Con_Problemas	Positiva	Economica	No_Adecuado
23 Baja	Con_Problemas	Positiva	Ajustada	No_Adecuado
24 Baja	Con_Problemas	Positiva	Antiecono	No_Adecuado
25 Baja	Estable	Negativa	Pot_Peli	No_Adecuado
26 Baja	Estable	Negativa	Economica	No_Adecuado
27 Baja	Estable	Negativa	Ajustada	No_Adecuado
28 Baja	Estable	Negativa	Antiecono	No_Adecuado
29 Baja	Estable	Normal	Pot_Peli	No_Adecuado
30 Baja	Estable	Normal	Economica	M.Objetivo
31 Baja	Estable	Normal	Ajustada	Adecuado
32 Baja	Estable	Normal	Antiecono	No_Adecuado
33 Baja	Estable	Positiva	Pot_Peli	No_Adecuado
34 Baja	Estable	Positiva	Economica	No_Adecuado
35 Baja	Estable	Positiva	Ajustada	No_Adecuado
36 Baja	Estable	Positiva	Antiecono	No_Adecuado
37 Baja	Cap_Financiera	Negativa	Pot_Peli	No_Adecuado

Continuación del Bloque RB_C

Política

Entradas: APR11, APR20, APR21, APR22					PLAZO	COSTE	CALIDAD
SI					Salida: APR_C	Salida: APR_C	Salida: APR_C
					ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR11	APR20	APR21	APR22	APR_C	APR_C	APR_C	APR_C
Accidenta.	Estado financiero	PO - PH	PH - CE				
38	Baja	Cap_Financiera	Negativa	Economica	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
39	Baja	Cap_Financiera	Negativa	Ajustada	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
40	Baja	Cap_Financiera	Negativa	Antiecono	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
41	Baja	Cap_Financiera	Normal	Pot_Peli	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
42	Baja	Cap_Financiera	Normal	Economica	M.Objetivo	M.Objetivo	M.Objetivo
43	Baja	Cap_Financiera	Normal	Ajustada	Adecuado	Adecuado	Adecuado
44	Baja	Cap_Financiera	Normal	Antiecono	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
45	Baja	Cap_Financiera	Positiva	Pot_Peli	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
46	Baja	Cap_Financiera	Positiva	Economica	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
47	Baja	Cap_Financiera	Positiva	Ajustada	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
48	Baja	Cap_Financiera	Positiva	Antiecono	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
49	Media	Inestable	Negativa	Pot_Peli	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
50	Media	Inestable	Negativa	Economica	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
51	Media	Inestable	Negativa	Ajustada	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
52	Media	Inestable	Negativa	Antiecono	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
53	Media	Inestable	Normal	Pot_Peli	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado
54	Media	Inestable	Normal	Economica	No_Adecuado	No_Adecuado	No_Adecuado

Continuación del Bloque RB_C

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR11, APR20, APR21, APR22		Salida: APR_C	Salida: APR_C	Salida: APR_C
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR11	APR20	APR21	APR22	APR_C
Accidentia.	Estado financiero	PO - PH	PH - CE	
55 Media	Inestable	Normal	Ajustada	No_Adecuado
56 Media	Inestable	Normal	Antiecono	No_Adecuado
57 Media	Inestable	Positiva	Pot_Peli	No_Adecuado
58 Media	Inestable	Positiva	Economica	No_Adecuado
59 Media	Inestable	Positiva	Ajustada	No_Adecuado
60 Media	Inestable	Positiva	Antiecono	No_Adecuado
61 Media	Con_Problemas	Negativa	Pot_Peli	No_Adecuado
62 Media	Con_Problemas	Negativa	Economica	No_Adecuado
63 Media	Con_Problemas	Negativa	Ajustada	No_Adecuado
64 Media	Con_Problemas	Negativa	Antiecono	No_Adecuado
65 Media	Con_Problemas	Normal	Pot_Peli	No_Adecuado
66 Media	Con_Problemas	Normal	Economica	No_Adecuado
67 Media	Con_Problemas	Normal	Ajustada	No_Adecuado
68 Media	Con_Problemas	Normal	Antiecono	No_Adecuado
69 Media	Con_Problemas	Positiva	Pot_Peli	No_Adecuado
70 Media	Con_Problemas	Positiva	Economica	No_Adecuado
71 Media	Con_Problemas	Positiva	Ajustada	No_Adecuado

Continuación del Bloque RB_C

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR11, APR20, APR21, APR22		Salida: APR_C	Salida: APR_C	Salida: APR_C
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR11 Accidentia.	APR20 Estado financiero	APR21 PO - PH	APR22 PH - CE	APR_C
72	Media	Con_Problemas	Positiva	No_Adecuado
73	Media	Estable	Negativa	No_Adecuado
74	Media	Estable	Negativa	No_Adecuado
75	Media	Estable	Negativa	No_Adecuado
76	Media	Estable	Negativa	No_Adecuado
77	Media	Estable	Normal	No_Adecuado
78	Media	Estable	Normal	Adecuado
79	Media	Estable	Normal	No_Adecuado
80	Media	Estable	Normal	No_Adecuado
81	Media	Estable	Positiva	No_Adecuado
82	Media	Estable	Positiva	No_Adecuado
83	Media	Estable	Positiva	No_Adecuado
84	Media	Estable	Positiva	No_Adecuado
85	Media	Cap_Financiera	Negativa	No_Adecuado
86	Media	Cap_Financiera	Negativa	No_Adecuado
87	Media	Cap_Financiera	Negativa	No_Adecuado
88	Media	Cap_Financiera	Negativa	No_Adecuado

Política

pag. AII - 29

Continuación del Bloque RB_C

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR11, APR20, APR21, APR22		Salida: APR_C	Salida: APR_C	Salida: APR_C
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR11	APR20	APR21	APR22	APR_C
Accidentia.	Estado financiero	PO - PH	PH - CE	
106 Alta	Inestable	Positiva	Economica	No_Adecuado
107 Alta	Inestable	Positiva	Ajustada	No_Adecuado
108 Alta	Inestable	Positiva	Antiecono	No_Adecuado
109 Alta	Con_Problemas	Negativa	Pot_Peli	No_Adecuado
110 Alta	Con_Problemas	Negativa	Economica	No_Adecuado
111 Alta	Con_Problemas	Negativa	Ajustada	No_Adecuado
112 Alta	Con_Problemas	Negativa	Antiecono	No_Adecuado
113 Alta	Con_Problemas	Normal	Pot_Peli	No_Adecuado
114 Alta	Con_Problemas	Normal	Economica	No_Adecuado
115 Alta	Con_Problemas	Normal	Ajustada	No_Adecuado
116 Alta	Con_Problemas	Normal	Antiecono	No_Adecuado
117 Alta	Con_Problemas	Positiva	Pot_Peli	No_Adecuado
118 Alta	Con_Problemas	Positiva	Economica	No_Adecuado
119 Alta	Con_Problemas	Positiva	Ajustada	No_Adecuado
120 Alta	Con_Problemas	Positiva	Antiecono	No_Adecuado
121 Alta	Estable	Negativa	Pot_Peli	No_Adecuado
122 Alta	Estable	Negativa	Economica	No_Adecuado

Continuación del Bloque RB_C

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR11, APR20, APR21, APR22		Salida: APR_C	Salida: APR_C	Salida: APR_C
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR11	APR20	APR21	APR22	APR_C
Accidenta.	Estado financiero	PO - PH	PH - CE	
123 Alta	Estable	Negativa	Ajustada	No_Adecuado
124 Alta	Estable	Negativa	Antiecono	No_Adecuado
125 Alta	Estable	Normal	Pot_Peli	No_Adecuado
126 Alta	Estable	Normal	Economica	No_Adecuado
127 Alta	Estable	Normal	Ajustada	No_Adecuado
128 Alta	Estable	Normal	Antiecono	No_Adecuado
129 Alta	Estable	Positiva	Pot_Peli	No_Adecuado
130 Alta	Estable	Positiva	Economica	No_Adecuado
131 Alta	Estable	Positiva	Ajustada	No_Adecuado
132 Alta	Estable	Positiva	Antiecono	No_Adecuado
133 Alta	Cap_Financiera	Negativa	Pot_Peli	No_Adecuado
134 Alta	Cap_Financiera	Negativa	Economica	No_Adecuado
135 Alta	Cap_Financiera	Negativa	Ajustada	No_Adecuado
136 Alta	Cap_Financiera	Negativa	Antiecono	No_Adecuado
137 Alta	Cap_Financiera	Normal	Pot_Peli	No_Adecuado
138 Alta	Cap_Financiera	Normal	Economica	No_Adecuado
139 Alta	Cap_Financiera	Normal	Ajustada	No_Adecuado
140 Alta	Cap_Financiera	Normal	Antiecono	No_Adecuado

Continuación del Bloque RB_C

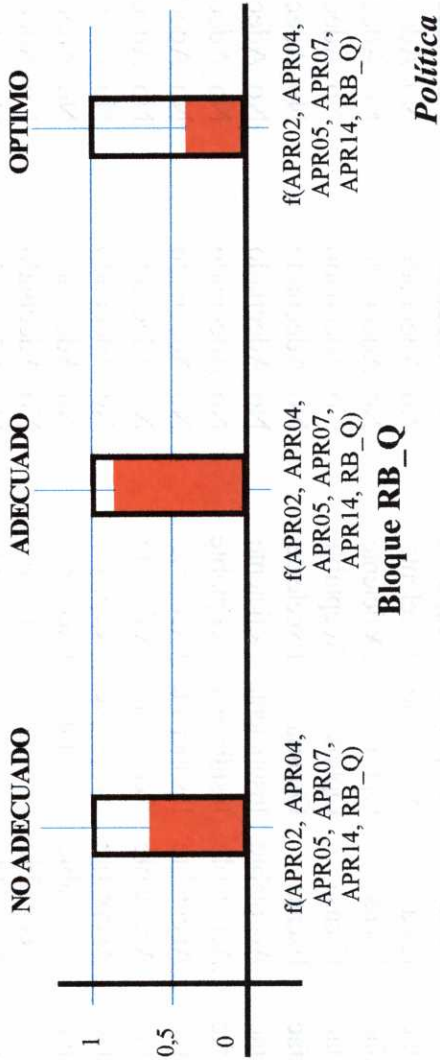
Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR11, APR20, APR21, APR22		Salida: APR_C	Salida: APR_C	Salida: APR_C
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR11 Accidenta.	APR20 Estado financiero	APR21 PO - PH	APR22 PH - CE	APR_C
141 Alta	Cap_Financiera	Positiva	Pot_Peli	No_Adecuado
142 Alta	Cap_Financiera	Positiva	Economica	No_Adecuado
143 Alta	Cap_Financiera	Positiva	Ajustada	No_Adecuado
144 Alta	Cap_Financiera	Positiva	Antiecono	No_Adecuado

VARIABLE DE ABSTRACCIÓN APR-Q

Partición Borrosa para

Ajuste a calidad deseada y riesgo de incumplirla. APR_Q.



				PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR02, APR04, APR05, APR07, APR14				Salida: APR_Q	Salida: APR_Q	Salida: APR_Q
SI				ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR02	APR04	APR05	APR07	APR14	APR_Q	APR_Q
Calidad con.	Opera. control	Exper. j.o.	Otro p. tec.	Subcontrata.		
1	Baja	GradoSatisfac	Escasa	Insuficiente	Deficiente	No_Adecuado
2	Baja	GradoSatisfac	Escasa	Insuficiente	Aceptable	No_Adecuado
3	Baja	GradoSatisfac	Escasa	Insuficiente	Excelente	No_Adecuado

Continuación del Bloque RB_Q

Política

		PLAZO		COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR02, APR04, APR05, APR07, APR14		Salida: APR_Q		Salida: APR_Q		Salida: APR_Q	
SI		ENTONCES		ENTONCES		ENTONCES	
APR02	APR04	APR05	APR07	APR14	APR_Q	APR_Q	APR_Q
Calidad con.	Opera. control	Exper. j.o.	Otro p. tec.	Subcontrata.			
4	Baja	GradoSatisfac	Escasa	Aceptable	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
5	Baja	GradoSatisfac	Escasa	Aceptable	Aceptable	No_Adecuado	No_Adecuado
6	Baja	GradoSatisfac	Escasa	Aceptable	Excelente	No_Adecuado	No_Adecuado
7	Baja	GradoSatisfac	Escasa	Optima	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
8	Baja	GradoSatisfac	Escasa	Optima	Aceptable	No_Adecuado	No_Adecuado
9	Baja	GradoSatisfac	Escasa	Optima	Excelente	No_Adecuado	No_Adecuado
10	Baja	GradoSatisfac	Aceptable	Insuficiente	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
11	Baja	GradoSatisfac	Aceptable	Insuficiente	Aceptable	No_Adecuado	No_Adecuado
12	Baja	GradoSatisfac	Aceptable	Insuficiente	Excelente	No_Adecuado	No_Adecuado
13	Baja	GradoSatisfac	Aceptable	Aceptable	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
14	Baja	GradoSatisfac	Aceptable	Aceptable	Aceptable	No_Adecuado	No_Adecuado
15	Baja	GradoSatisfac	Aceptable	Aceptable	Excelente	No_Adecuado	No_Adecuado
16	Baja	GradoSatisfac	Aceptable	Optima	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
17	Baja	GradoSatisfac	Aceptable	Optima	Aceptable	No_Adecuado	No_Adecuado
18	Baja	GradoSatisfac	Aceptable	Optima	Excelente	No_Adecuado	No_Adecuado
19	Baja	GradoSatisfac	Relevante	Insuficiente	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
20	Baja	GradoSatisfac	Relevante	Insuficiente	Aceptable	No_Adecuado	No_Adecuado
21	Baja	GradoSatisfac	Relevante	Insuficiente	Excelente	No_Adecuado	No_Adecuado

Continuación del Bloque RB_Q

Política

		PLAZO		COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR02, APR04, APR05, APR07, APR14		Salida: APR_Q		Salida: APR_Q		Salida: APR_Q	
SI		ENTONCES		ENTONCES		ENTONCES	
APR02	APR04	APR05	APR07	APR14	APR_Q	APR_Q	APR_Q
Calidad con.	Opera. control	Exper. j.o.	Otro p. tec.	Subcontrata.			
22	Baja	GradoSatisfac	Relevante	Aceptable	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
23	Baja	GradoSatisfac	Relevante	Aceptable	Aceptable	No_Adecuado	No_Adecuado
24	Baja	GradoSatisfac	Relevante	Aceptable	Excelente	No_Adecuado	No_Adecuado
25	Baja	GradoSatisfac	Relevante	Optima	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
26	Baja	GradoSatisfac	Relevante	Optima	Aceptable	No_Adecuado	No_Adecuado
27	Baja	GradoSatisfac	Relevante	Optima	Excelente	No_Adecuado	No_Adecuado
28	Media	GradoSatisfac	Escasa	Insuficiente	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
29	Media	GradoSatisfac	Escasa	Insuficiente	Aceptable	No_Adecuado	No_Adecuado
30	Media	GradoSatisfac	Escasa	Insuficiente	Excelente	No_Adecuado	No_Adecuado
31	Media	GradoSatisfac	Escasa	Aceptable	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
32	Media	GradoSatisfac	Escasa	Aceptable	Aceptable	No_Adecuado	No_Adecuado
33	Media	GradoSatisfac	Escasa	Aceptable	Excelente	Adecuado	No_Adecuado
34	Media	GradoSatisfac	Escasa	Optima	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
35	Media	GradoSatisfac	Escasa	Optima	Aceptable	No_Adecuado	No_Adecuado
36	Media	GradoSatisfac	Escasa	Optima	Excelente	Adecuado	No_Adecuado
37	Media	GradoSatisfac	Aceptable	Insuficiente	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
38	Media	GradoSatisfac	Aceptable	Insuficiente	Aceptable	Adecuado	Adecuado
39	Media	GradoSatisfac	Aceptable	Insuficiente	Excelente	Adecuado	Adecuado

Continuación del Bloque RB_Q

Política

		PLAZO	COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR02, APR04, APR05, APR07, APR14		Salida: APR_Q	Salida: APR_Q		Salida: APR_Q	
SI		ENTONCES	ENTONCES		ENTONCES	
APR02	APR04	APR05	APR07	APR14	APR_Q	
Calidad con.	Opera. control	Exper. j.o.	Otro p. tec.	Subcontrata.		
40	Media	GradoSatisfac	Aceptable	Aceptable	Deficiente	No_Adecuado
41	Media	GradoSatisfac	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Adecuado
42	Media	GradoSatisfac	Aceptable	Aceptable	Excelente	Adecuado
43	Media	GradoSatisfac	Aceptable	Optima	Deficiente	No_Adecuado
44	Media	GradoSatisfac	Aceptable	Optima	Aceptable	Adecuado
45	Media	GradoSatisfac	Aceptable	Optima	Excelente	Adecuado
46	Media	GradoSatisfac	Relevante	Insuficiente	Deficiente	No_Adecuado
47	Media	GradoSatisfac	Relevante	Insuficiente	Aceptable	Adecuado
48	Media	GradoSatisfac	Relevante	Insuficiente	Excelente	Adecuado
49	Media	GradoSatisfac	Relevante	Aceptable	Deficiente	No_Adecuado
50	Media	GradoSatisfac	Relevante	Aceptable	Aceptable	Adecuado
51	Media	GradoSatisfac	Relevante	Aceptable	Excelente	Adecuado
52	Media	GradoSatisfac	Relevante	Optima	Deficiente	No_Adecuado
53	Media	GradoSatisfac	Relevante	Optima	Aceptable	Adecuado
54	Media	GradoSatisfac	Relevante	Optima	Excelente	Optimo
55	Alta	GradoSatisfac	Escasa	Insuficiente	Deficiente	No_Adecuado
56	Alta	GradoSatisfac	Escasa	Insuficiente	Aceptable	Adecuado
57	Alta	GradoSatisfac	Escasa	Insuficiente	Excelente	Adecuado

Continuación del Bloque RB_Q

Política

		PLAZO		COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR02, APR04, APR05, APR07, APR14		Salida: APR_Q		Salida: APR_Q		Salida: APR_Q	
SI		ENTONCES		ENTONCES		ENTONCES	
APR02	APR04	APR05	APR07	APR14	APR_Q	APR_Q	APR_Q
Calidad con.	Opera. control	Exper. j.o.	Otro p. tec.	Subcontrata.			
58	Alta	GradoSatisfac	Escasa	Acceptable	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
59	Alta	GradoSatisfac	Escasa	Acceptable	Acceptable	Adecuado	No_Adecuado
60	Alta	GradoSatisfac	Escasa	Acceptable	Excelente	Adecuado	No_Adecuado
61	Alta	GradoSatisfac	Escasa	Optima	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
62	Alta	GradoSatisfac	Escasa	Optima	Acceptable	Adecuado	No_Adecuado
63	Alta	GradoSatisfac	Escasa	Optima	Excelente	Adecuado	No_Adecuado
64	Alta	GradoSatisfac	Acceptable	Insuficiente	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
65	Alta	GradoSatisfac	Acceptable	Insuficiente	Acceptable	Adecuado	No_Adecuado
66	Alta	GradoSatisfac	Acceptable	Insuficiente	Excelente	Adecuado	Adecuado
67	Alta	GradoSatisfac	Acceptable	Acceptable	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
68	Alta	GradoSatisfac	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Adecuado	Adecuado
69	Alta	GradoSatisfac	Acceptable	Acceptable	Excelente	Adecuado	Adecuado
70	Alta	GradoSatisfac	Acceptable	Optima	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
71	Alta	GradoSatisfac	Acceptable	Optima	Acceptable	Adecuado	Adecuado
72	Alta	GradoSatisfac	Acceptable	Optima	Excelente	Optimo	Optimo
73	Alta	GradoSatisfac	Relevante	Insuficiente	Deficiente	No_Adecuado	No_Adecuado
74	Alta	GradoSatisfac	Relevante	Insuficiente	Acceptable	Adecuado	Adecuado
75	Alta	GradoSatisfac	Relevante	Insuficiente	Excelente	Optimo	Optimo

Continuación del Bloque RB_Q

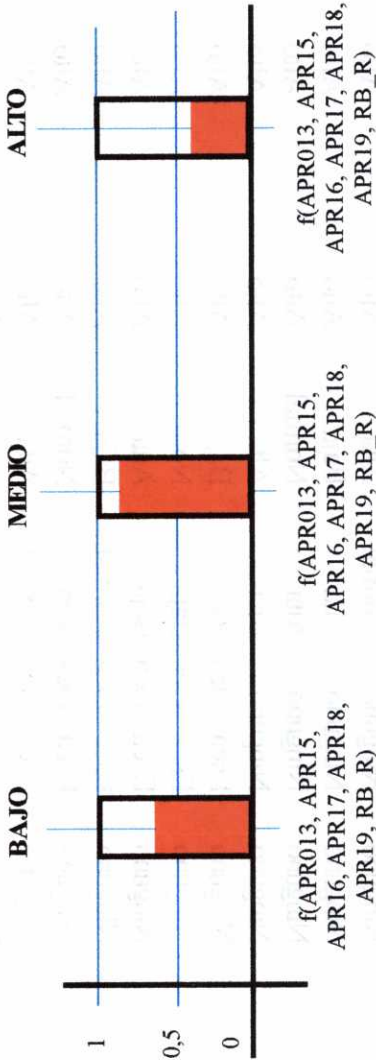
Política

		PLAZO	COSTE		CALIDAD
Entradas: APR02, APR04, APR05, APR07, APR14					
SI					
APR02	APR04	APR05	APR07	APR14	APR_Q
Calidad con.	Opera. control	Exper. j.o.	Otro p. tec.	Subcontrata.	
76	Alta	GradoSatisfac	Relevante	Aceptable	Deficiente
77	Alta	GradoSatisfac	Relevante	Aceptable	Aceptable
78	Alta	GradoSatisfac	Relevante	Aceptable	Excelente
79	Alta	GradoSatisfac	Relevante	Optima	Deficiente
80	Alta	GradoSatisfac	Relevante	Optima	Aceptable
81	Alta	GradoSatisfac	Relevante	Optima	Excelente
Salida: APR_Q					
ENTONCES					
Salida: APR_Q					
ENTONCES					
ENTONCES					

VARIABLE DE ABSTRACCIÓN APR-R

Partición Borrosa para

Otros riesgos. Nivel de riesgo. APR_R.



Bloque RB_R

Política

		PLAZO			COSTE		CALIDAD
--	--	-------	--	--	-------	--	---------

Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19

Salida: APR_R

Salida: APR_R

ENTONCES

ENTONCES

SI

APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		

1	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Ninguno	Baja	Baja	Alto	Alto
2	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Ninguno	Baja	Baja	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R		Salida: APR_R	
SI		ENTONCES				ENTONCES		ENTONCES	
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación				
3	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Ninguno	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto
4	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Ninguno	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto
5	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Ninguno	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto
6	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Ninguno	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto
7	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Ninguno	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto
8	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Ninguno	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto
9	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Ninguno	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto
10	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Esca. Oca. Baja	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto
11	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Esca. Oca. Baja	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto
12	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Esca. Oca. Baja	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto
13	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Esca. Oca. Normal	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto
14	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Esca. Oca. Normal	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto
15	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Esca. Oca. Normal	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto
16	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Esca. Oca. Alta	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto
17	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Esca. Oca. Alta	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto
18	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Esca. Oca. Alta	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto
19	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Gran_Con. Baja	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto
20	Insuficiente	Nulo	Ninguno	Gran_Con. Baja	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE		CALIDAD	
		Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19				Salida: APR_R		Salida: APR_R	
		SI				ENTONCES		ENTONCES	
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación				
21 Insuficiente	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
22 Insuficiente	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
23 Insuficiente	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
24 Insuficiente	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
25 Insuficiente	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
26 Insuficiente	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
27 Insuficiente	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
28 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
29 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
30 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
31 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
32 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
33 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
34 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
35 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
36 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
37 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
38 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R		Salida: APR_R	
SI		ENTONCES				ENTONCES		ENTONCES	
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación				
39 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
40 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
41 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
42 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
43 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
44 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
45 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
46 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
47 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
48 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
49 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
50 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
51 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
52 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
53 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
54 Insuficiente	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
55 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
56 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE		CALIDAD	
		Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19				Salida: APR_R		Salida: APR_R	
		SI				ENTONCES		ENTONCES	
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación				
57 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
58 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
59 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
60 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
61 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
62 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
63 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
64 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
65 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
66 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
67 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
68 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
69 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
70 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
71 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
72 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
73 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
74 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R		Salida: APR_R	
SI		ENTONCES				ENTONCES		ENTONCES	
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación				
75 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
76 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
77 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
78 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
79 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
80 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
81 Insuficiente	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
82 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Ninguno	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
83 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Ninguno	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
84 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Ninguno	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
85 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Ninguno	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
86 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Ninguno	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
87 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Ninguno	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
88 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Ninguno	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
89 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Ninguno	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
90 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Ninguno	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
91 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Esca_Oca.	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
92 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Esca_Oca.	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE	CALIDAD
		Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19				Salida: APR_R	Salida: APR_R
		SI				ENTONCES	ENTONCES
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		
93 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Baja	Alta	Alto	Alto
94 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Baja	Alto	Alto
95 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Normal	Alto	Alto
96 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Alta	Alto	Alto
97 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Alta	Baja	Alto	Alto
98 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Alta	Normal	Alto	Alto
99 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Alta	Alta	Alto	Alto
100 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Baja	Baja	Alto	Alto
101 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Baja	Normal	Alto	Alto
102 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Baja	Alta	Alto	Alto
103 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Baja	Alto	Alto
104 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Normal	Alto	Alto
105 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Alta	Alto	Alto
106 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Baja	Alto	Alto
107 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Normal	Alto	Alto
108 Insuficiente	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Alta	Alto	Alto
109 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Baja	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO			COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R			Salida: APR_R		Salida: APR_R	
SI		ENTONCES			ENTONCES		ENTONCES	
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. ori.	Incump. sec.	Facturación	Contratación			

110 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto
111 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto
112 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto
113 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto
114 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto
115 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto
116 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto
117 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto
118 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto
119 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto
120 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto
121 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto
122 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto
123 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto
124 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto
125 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto
126 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE		CALIDAD	
		Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19				Salida: APR_R		Salida: APR_R	
		SI				ENTONCES		ENTONCES	
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación				
127 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
128 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
129 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
130 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
131 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
132 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
133 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
134 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
135 Insuficiente	Bajo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
136 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
137 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
138 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
139 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
140 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
141 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
142 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
143 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE	CALIDAD
		Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19				Salida: APR_R	Salida: APR_R
		SI				ENTONCES	ENTONCES
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		
144 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Alta	Alto	Alto
145 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Baja	Baja	Alto	Alto
146 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Baja	Normal	Alto	Alto
147 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Baja	Alta	Alto	Alto
148 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Normal	Baja	Alto	Alto
149 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Normal	Normal	Alto	Alto
150 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Normal	Alta	Alto	Alto
151 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Alta	Baja	Alto	Alto
152 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Alta	Normal	Alto	Alto
153 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Alta	Alta	Alto	Alto
154 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Baja	Alto	Alto
155 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Normal	Alto	Alto
156 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Alta	Alto	Alto
157 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Baja	Alto	Alto
158 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Normal	Alto	Alto
159 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Alta	Alto	Alto
160 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Baja	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R		Salida: APR_R	
SI		ENTONCES				ENTONCES		ENTONCES	
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. ori.	Incump. sec.	Facturación	Contratación				
161 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
162 Insuficiente	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
163 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
164 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
165 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
166 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
167 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
168 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
169 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
170 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
171 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
172 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Esca._Oca.	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
173 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Esca._Oca.	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
174 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Esca._Oca.	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
175 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
176 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
177 Insuficiente	Normal_Adec.	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto

Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19	Salida: APR_R	Salida: APR_R
SI	ENTONCES	ENTONCES

pag. AII - 50

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R		Salida: APR_R	
SI		ENTONCES				ENTONCES		ENTONCES	
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R	APR_R	APR_R
Seguros	Interés mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación				
195 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Ninguno	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
196 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Ninguno	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
197 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Ninguno	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
198 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Ocai	Ninguno	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
199 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Esca._Oca	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
200 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Esca._Oca	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
201 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Esca._Oca	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
202 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Esca._Oca	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
203 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Esca._Oca	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
204 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Esca._Oca	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
205 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Esca._Oca	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
206 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Esca._Oca	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
207 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Gran_Con.	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
208 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Gran_Con.	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
209 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Gran_Con.	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
210 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Gran_Con.	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
211 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Gran_Con.	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE	CALIDAD
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R	Salida: APR_R
SI		ENTONCES				ENTONCES	ENTONCES
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		

212 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Gran_Con.	Normal	Normal	Alto	Alto
213 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Gran_Con.	Normal	Alta	Alto	Alto
214 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Gran_Con.	Alta	Baja	Alto	Alto
215 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Gran_Con.	Alta	Normal	Alto	Alto
216 Insuficiente	Normal_Adec.	Esca._Oca	Gran_Con.	Alta	Alta	Alto	Alto
217 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Baja	Alto	Alto
218 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Normal	Alto	Alto
219 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Alta	Alto	Alto
220 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Baja	Alto	Alto
221 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Normal	Alto	Alto
222 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Alta	Alto	Alto
223 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Baja	Alto	Alto
224 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Normal	Alto	Alto
225 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Alta	Alto	Alto
226 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca._Oca	Baja	Baja	Alto	Alto
227 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca._Oca	Baja	Normal	Alto	Alto
228 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca._Oca	Baja	Alta	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE		CALIDAD	
		Salida: APR_R ENTONCES				Salida: APR_R ENTONCES		Salida: APR_R ENTONCES	
		SI							
		Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19							
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación				
229 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca_Oca	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
230 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca_Oca	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
231 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca_Oca	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
232 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca_Oca	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
233 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca_Oca	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
234 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca_Oca	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
235 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
236 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
237 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
238 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
239 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
240 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
241 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto	Alto
242 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto	Alto
243 Insuficiente	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto
244 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Ninguno	Baja	Baja	Medio	Medio	Medio	Medio
245 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Ninguno	Baja	Normal	Medio	Medio	Medio	Medio

Continuación del Bloque RB_R

Poltica

		PLAZO				COSTE	CALIDAD
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R	Salida: APR_R
SI		ENTONCES				ENTONCES	ENTONCES
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		

246 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Ninguno	Baja	Alta	Medio	Medio
247 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Ninguno	Normal	Baja	Medio	Medio
248 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Ninguno	Normal	Normal	Medio	Medio
249 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Ninguno	Normal	Alta	Medio	Medio
250 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Ninguno	Alta	Baja	Medio	Medio
251 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Ninguno	Alta	Normal	Medio	Medio
252 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Ninguno	Alta	Alta	Bajo	Bajo
253 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Esca._Oca.	Baja	Baja	Medio	Medio
254 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Esca._Oca.	Baja	Normal	Medio	Medio
255 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Esca._Oca.	Baja	Alta	Medio	Medio
256 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Baja	Medio	Medio
257 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Normal	Medio	Medio
258 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Alta	Medio	Medio
259 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Esca._Oca.	Alta	Baja	Medio	Medio
260 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Esca._Oca.	Alta	Normal	Medio	Medio
261 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Esca._Oca.	Alta	Alta	Medio	Medio
262 Sufici_Adec.	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Baja	Baja	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE	CALIDAD
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R	Salida: APR_R
SI		ENTONCES				ENTONCES	ENTONCES
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		
263 Suffici_Adec.	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Baja	Normal	Medio	Medio
264 Suffici_Adec.	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Baja	Alta	Medio	Medio
265 Suffici_Adec.	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Baja	Medio	Medio
266 Suffici_Adec.	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Normal	Medio	Medio
267 Suffici_Adec.	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Alta	Medio	Medio
268 Suffici_Adec.	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Baja	Medio	Medio
269 Suffici_Adec.	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Normal	Medio	Medio
270 Suffici_Adec.	Nulo	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Alta	Medio	Medio
271 Suffici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Baja	Medio	Medio
272 Suffici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Normal	Medio	Medio
273 Suffici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Alta	Medio	Medio
274 Suffici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Baja	Medio	Medio
275 Suffici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Normal	Medio	Medio
276 Suffici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Alta	Medio	Medio
277 Suffici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Baja	Medio	Medio
278 Suffici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Normal	Medio	Medio
279 Suffici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Alta	Medio	Medio

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE	CALIDAD
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R	Salida: APR_R
SI		ENTONCES				ENTONCES	ENTONCES
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		
280 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Baja	Alto	Alto
281 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Normal	Medio	Medio
282 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Alta	Medio	Medio
283 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Normal	Baja	Medio	Medio
284 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Normal	Normal	Medio	Medio
285 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Normal	Alta	Medio	Medio
286 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Alta	Baja	Medio	Medio
287 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Alta	Normal	Medio	Medio
288 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Alta	Alta	Medio	Medio
289 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Baja	Baja	Medio	Medio
290 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Baja	Normal	Alto	Alto
291 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Baja	Alta	Medio	Medio
292 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Normal	Baja	Alto	Alto
293 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Normal	Normal	Medio	Medio
294 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Normal	Alta	Medio	Medio
295 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Alta	Baja	Medio	Medio
296 Sufici_Adec.	Nulo	Esca._Oca.	Gran_Con.	Alta	Normal	Medio	Medio

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE	CALIDAD
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R	Salida: APR_R
SI		ENTONCES				ENTONCES	ENTONCES
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		
297 Sufici_Adec.	Nulo	Esca_Oca.	Gran_Con.	Alta	Alta	Medio	Medio
298 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Baja	Alto	Alto
299 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Normal	Alto	Alto
300 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Alta	Alto	Alto
301 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Baja	Alto	Alto
302 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Normal	Alto	Alto
303 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Alta	Alto	Alto
304 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Baja	Alto	Alto
305 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Normal	Alto	Alto
306 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Alta	Alto	Alto
307 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Esca_Oca.	Baja	Baja	Alto	Alto
308 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Esca_Oca.	Baja	Normal	Alto	Alto
309 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Esca_Oca.	Baja	Alta	Alto	Alto
310 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Esca_Oca.	Normal	Baja	Alto	Alto
311 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Esca_Oca.	Normal	Normal	Alto	Alto
312 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Esca_Oca.	Normal	Alta	Alto	Alto
313 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Esca_Oca.	Alta	Baja	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE	CALIDAD
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R	Salida: APR_R
SI		ENTONCES				ENTONCES	ENTONCES
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. ori.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		
314 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Esca_Oca.	Alta	Normal	Alto	Alto
315 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Esca_Oca.	Alta	Alta	Alto	Alto
316 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Baja	Alto	Alto
317 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Normal	Alto	Alto
318 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Alta	Alto	Alto
319 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Baja	Alto	Alto
320 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Normal	Alto	Alto
321 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Alta	Alto	Alto
322 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Baja	Alto	Alto
323 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Normal	Alto	Alto
324 Sufici_Adec.	Nulo	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Alta	Alto	Alto
325 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Ninguno	Baja	Baja	Medio	Medio
326 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Ninguno	Baja	Normal	Medio	Medio
327 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Ninguno	Baja	Alta	Medio	Medio
328 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Ninguno	Normal	Baja	Medio	Medio
329 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Ninguno	Normal	Normal	Medio	Medio
330 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Ninguno	Normal	Alta	Bajo	Bajo

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE	CALIDAD
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R	Salida: APR_R
SI		ENTONCES				ENTONCES	ENTONCES
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		
331 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Ninguno	Alta	Baja	Medio	Medio
332 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Ninguno	Alta	Normal	Bajo	Bajo
333 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Ninguno	Alta	Alta	Bajo	Bajo
334 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Baja	Baja	Medio	Medio
335 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Baja	Normal	Medio	Medio
336 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Baja	Alta	Medio	Medio
337 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Baja	Medio	Medio
338 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Normal	Medio	Medio
339 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Alta	Medio	Medio
340 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Alta	Baja	Medio	Medio
341 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Alta	Normal	Medio	Medio
342 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Esca._Oca.	Alta	Alta	Bajo	Bajo
343 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Baja	Baja	Medio	Medio
344 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Baja	Normal	Medio	Medio
345 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Baja	Alta	Medio	Medio
346 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Baja	Medio	Medio
347 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Normal	Medio	Medio

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE	CALIDAD
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R	Salida: APR_R
SI		ENTONCES				ENTONCES	ENTONCES
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		
348 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Alta	Medio	Medio
349 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Baja	Medio	Medio
350 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Normal	Medio	Medio
351 Sufici_Adec.	Bajo	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Alta	Medio	Medio
352 Sufici_Adec.	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Baja	Medio	Medio
353 Sufici_Adec.	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Normal	Medio	Medio
354 Sufici_Adec.	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Alta	Medio	Medio
355 Sufici_Adec.	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Baja	Medio	Medio
356 Sufici_Adec.	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Normal	Medio	Medio
357 Sufici_Adec.	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Alta	Medio	Medio
358 Sufici_Adec.	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Baja	Medio	Medio
359 Sufici_Adec.	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Normal	Medio	Medio
360 Sufici_Adec.	Bajo	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Alta	Bajo	Bajo
361 Sufici_Adec.	Bajo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Baja	Medio	Medio
362 Sufici_Adec.	Bajo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Normal	Medio	Medio
363 Sufici_Adec.	Bajo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Alta	Medio	Medio
364 Sufici_Adec.	Bajo	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Normal	Baja	Medio	Medio

Política

Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19

IS

Salida: APR_R
ENTONCES

pag. AII - 61

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE	CALIDAD
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R	Salida: APR_R
SI		ENTONCES				ENTONCES	ENTONCES
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		
382 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Baja	Alto	Alto
383 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Normal	Alto	Alto
384 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Alta	Alto	Alto
385 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Baja	Alto	Alto
386 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Normal	Alto	Alto
387 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Alta	Alto	Alto
388 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Baja	Baja	Alto	Alto
389 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Baja	Normal	Alto	Alto
390 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Baja	Alta	Alto	Alto
391 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Normal	Baja	Alto	Alto
392 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Normal	Normal	Alto	Alto
393 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Normal	Alta	Alto	Alto
394 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Alta	Baja	Alto	Alto
395 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Alta	Normal	Alto	Alto
396 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Esca._Oca.	Alta	Alta	Alto	Alto
397 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Baja	Alto	Alto
398 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Normal	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO					COSTE	CALIDAD
		Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19	Salida: APR_R					Salida: APR_R
		SI	ENTONCES					ENTONCES
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación			
399 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto
400 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto
401 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto
402 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto
403 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto
404 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto
405 Sufici_Adec.	Bajo	Gran_Con.	Gran_Con.	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto
406 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Baja	Baja	Medio	Medio	Medio
407 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Baja	Normal	Medio	Medio	Medio
408 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Baja	Alta	Bajo	Bajo	Bajo
409 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Normal	Baja	Medio	Medio	Medio
410 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Normal	Normal	Bajo	Bajo	Bajo
411 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Normal	Alta	Bajo	Bajo	Bajo
412 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Alta	Baja	Bajo	Bajo	Bajo
413 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Alta	Normal	Bajo	Bajo	Bajo
414 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Ninguno	Alta	Alta	Bajo	Bajo	Bajo
415 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Esca_Oca.	Baja	Baja	Medio	Medio	Medio

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE	CALIDAD
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R	Salida: APR_R
		ENTONCES				ENTONCES	ENTONCES
SI							
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		
416 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Esca._Oca.	Baja	Normal	Medio	Medio
417 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Esca._Oca.	Baja	Alta	Medio	Medio
418 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Baja	Medio	Medio
419 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Normal	Medio	Medio
420 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Esca._Oca.	Normal	Alta	Bajo	Bajo
421 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Esca._Oca.	Alta	Baja	Medio	Medio
422 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Esca._Oca.	Alta	Normal	Bajo	Bajo
423 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Esca._Oca.	Alta	Alta	Bajo	Bajo
424 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Gran_Con.	Baja	Baja	Medio	Medio
425 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Gran_Con.	Baja	Normal	Medio	Medio
426 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Gran_Con.	Baja	Alta	Medio	Medio
427 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Baja	Medio	Medio
428 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Normal	Medio	Medio
429 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Gran_Con.	Normal	Alta	Medio	Medio
430 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Baja	Medio	Medio
431 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Normal	Medio	Medio
432 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Ninguno	Gran_Con.	Alta	Alta	Bajo	Bajo

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE	CALIDAD
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R	Salida: APR_R
SI		ENTONCES				ENTONCES	ENTONCES
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		
433 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Baja	Medio	Medio
434 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Normal	Medio	Medio
435 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Ninguno	Baja	Alta	Medio	Medio
436 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Baja	Medio	Medio
437 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Normal	Medio	Medio
438 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Ninguno	Normal	Alta	Bajo	Bajo
439 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Baja	Medio	Medio
440 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Normal	Bajo	Bajo
441 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Ninguno	Alta	Alta	Bajo	Bajo
442 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Baja	Medio	Medio
443 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Normal	Medio	Medio
444 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Baja	Alta	Medio	Medio
445 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Normal	Baja	Medio	Medio
446 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Normal	Normal	Medio	Medio
447 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Normal	Alta	Medio	Medio
448 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Alta	Baja	Medio	Medio
449 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Alta	Normal	Medio	Medio

Continuación del Bloque RB_R

Política

		PLAZO				COSTE	CALIDAD
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R				Salida: APR_R	Salida: APR_R
SI		ENTONCES				ENTONCES	ENTONCES
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación		
450 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Esca._Oca.	Alta	Alta	Bajo	Bajo
451 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Gran_Con.	Baja	Baja	Medio	Medio
452 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Gran_Con.	Baja	Normal	Medio	Medio
453 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Gran_Con.	Baja	Alta	Medio	Medio
454 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Gran_Con.	Normal	Baja	Medio	Medio
455 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Gran_Con.	Normal	Normal	Medio	Medio
456 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Gran_Con.	Normal	Alta	Medio	Medio
457 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Gran_Con.	Alta	Baja	Medio	Medio
458 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Gran_Con.	Alta	Normal	Medio	Medio
459 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Esca._Oca.	Gran_Con.	Alta	Alta	Medio	Medio
460 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Baja	Alto	Alto
461 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Normal	Alto	Alto
462 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Baja	Alta	Alto	Alto
463 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Baja	Alto	Alto
464 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Normal	Alto	Alto
465 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Normal	Alta	Alto	Alto
466 Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Baja	Alto	Alto

Continuación del Bloque RB_R

Política

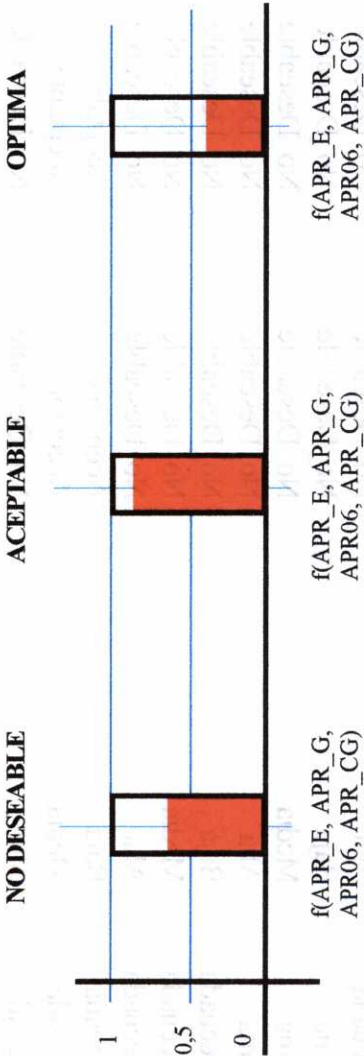
		PLAZO			COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR13, APR15, APR16, APR17, APR18, APR19		Salida: APR_R			Salida: APR_R		Salida: APR_R	
SI		ENTONCES			ENTONCES		ENTONCES	
APR13	APR15	APR16	APR17	APR18	APR19	APR_R	APR_R	APR_R
Seguros	Interes mostrado	Incump. cri.	Incump. sec.	Facturación	Contratación			

467	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto
468	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Ninguno	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto
469	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca._Oca.	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto
470	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca._Oca.	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto
471	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca._Oca.	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto
472	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca._Oca.	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto
473	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca._Oca.	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto
474	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca._Oca.	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto
475	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca._Oca.	Alta	Baja	Alto	Alto	Alto
476	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca._Oca.	Alta	Normal	Alto	Alto	Alto
477	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Esca._Oca.	Alta	Alta	Alto	Alto	Alto
478	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Baja	Alto	Alto	Alto
479	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Normal	Alto	Alto	Alto
480	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Baja	Alta	Alto	Alto	Alto
481	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Baja	Alto	Alto	Alto
482	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Normal	Alto	Alto	Alto
483	Sufici_Adec.	Normal_Adec.	Gran_Con.	Gran_Con.	Normal	Alta	Alto	Alto	Alto

VARIABLE DE ABSTRACCIÓN APR-CG

Partición Borrosa para

Capacidad de gestión y su ajuste a la obra. APR_CG.



Bloque RB_CG.

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_E, APR_G, APR06		Salida: APR_CG	Salida: APR_CG	Salida: APR_CG
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_E	APR_G	APR_CG	APR_CG	APR_CG
Experiencia	Org. gestión	Renovación personal		
01	Insuficiente	Inadecuada	Baja	No_Deseable
02	Insuficiente	Inadecuada	Media	No_Deseable
03	Insuficiente	Inadecuada	Alta	No_Deseable

Continuación del Bloque RB_CG.

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_E, APR_G, APR06 SI		Salida: APR_CG ENTONCES	Salida: APR_CG ENTONCES	Salida: APR_CG ENTONCES
APR_E	APR_G	APR06	APR_CG	APR_CG
Experiencia	Org. gestión	Renovación personal		
04	Insuficiente	Adecuada	Baja	No_Deseable
05	Insuficiente	Adecuada	Media	No_Deseable
06	Insuficiente	Adecuada	Alta	No_Deseable
07	Insuficiente	Optima	Baja	No_Deseable
08	Insuficiente	Optima	Media	No_Deseable
09	Insuficiente	Optima	Alta	No_Deseable
10	Aceptable	Inadecuada	Baja	No_Deseable
11	Aceptable	Inadecuada	Media	No_Deseable
12	Aceptable	Inadecuada	Alta	No_Deseable
13	Aceptable	Adecuada	Baja	Aceptable
14	Aceptable	Adecuada	Media	Aceptable
15	Aceptable	Adecuada	Alta	No_Deseable
16	Aceptable	Optima	Baja	Aceptable
17	Aceptable	Optima	Media	Aceptable
18	Aceptable	Optima	Alta	No_Deseable
19	Relevante	Inadecuada	Baja	No_Deseable
20	Relevante	Inadecuada	Media	No_Deseable

Continuación del Bloque RB_CG.

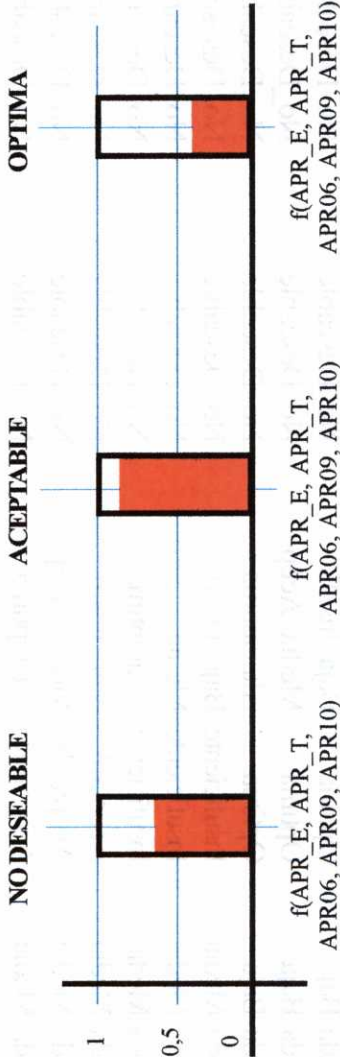
Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_E, APR_G, APR06		Salida: APR_CG	Salida: APR_CG	Salida: APR_CG
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_E	APR_G	APR_CG	APR_CG	APR_CG
Experiencia	Org. gestión	Renovación personal		
21 Relevante	Inadecuada	Alta	No_Deseable	No_Deseable
22 Relevante	Adecuada	Baja	Acceptable	Acceptable
23 Relevante	Adecuada	Media	Acceptable	Acceptable
24 Relevante	Adecuada	Alta	Acceptable	Acceptable
25 Relevante	Optima	Baja	Optima	Optima
26 Relevante	Optima	Media	Optima	Optima
27 Relevante	Optima	Alta	Acceptable	Acceptable

VARIABLE DE ABSTRACCIÓN APR-CT

Partición Borrosa para

Capacidad de técnica y su ajuste a la obra. APR_CT.



Bloque RB_CT.

Política

				PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10				Salida: APR_CT	Salida: APR_CT	Salida: APR_CT
SI				ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT	
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy.	Métodos. cons.		
01	Insuficiente	Inadecuada	Baja	Insuficiente	Baja	No_Deseable
02	Insuficiente	Inadecuada	Baja	Insuficiente	Media_Acep.	No_Deseable
03	Insuficiente	Inadecuada	Baja	Insuficiente	AltaOptima	No_Deseable

Continuación del Bloque RB_CT.

Política

		PLAZO		COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10		Salida: APR_CT		Salida: APR_CT		Salida: APR_CT	
SI		ENTONCES		ENTONCES		ENTONCES	
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT		
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy. Métodos. cons.				
04	Insuficiente	Inadecuada Baja	Aceptable	Baja Insufi.	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
05	Insuficiente	Inadecuada Baja	Aceptable	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
06	Insuficiente	Inadecuada Baja	Aceptable	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
07	Insuficiente	Inadecuada Baja	Optima	Baja Insufi.	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
08	Insuficiente	Inadecuada Baja	Optima	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
09	Insuficiente	Inadecuada Baja	Optima	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
10	Insuficiente	Inadecuada Media	Insuficiente	Baja Insufi.	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
11	Insuficiente	Inadecuada Media	Insuficiente	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
12	Insuficiente	Inadecuada Media	Insuficiente	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
13	Insuficiente	Inadecuada Media	Aceptable	Baja Insufi.	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
14	Insuficiente	Inadecuada Media	Aceptable	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
15	Insuficiente	Inadecuada Media	Aceptable	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
16	Insuficiente	Inadecuada Media	Optima	Baja Insufi.	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
17	Insuficiente	Inadecuada Media	Optima	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
18	Insuficiente	Inadecuada Media	Optima	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
19	Insuficiente	Inadecuada Alta	Insuficiente	Baja Insufi.	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable
20	Insuficiente	Inadecuada Alta	Insuficiente	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable	No_Deseable

Continuación del Bloque RB_CT.

Política

					PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10					Salida: APR_CT	Salida: APR_CT	Salida: APR_CT
SI					ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT		
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy.	Métodos. cons.			
21	Insuficiente	Inadecuada	Alta	Insuficiente	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
22	Insuficiente	Inadecuada	Alta	Acceptable	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
23	Insuficiente	Inadecuada	Alta	Acceptable	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
24	Insuficiente	Inadecuada	Alta	Acceptable	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
25	Insuficiente	Inadecuada	Alta	Optima	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
26	Insuficiente	Inadecuada	Alta	Optima	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
27	Insuficiente	Inadecuada	Alta	Optima	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
28	Insuficiente	Acceptable	Baja	Insuficiente	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
29	Insuficiente	Acceptable	Baja	Insuficiente	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
30	Insuficiente	Acceptable	Baja	Insuficiente	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
31	Insuficiente	Acceptable	Baja	Acceptable	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
32	Insuficiente	Acceptable	Baja	Acceptable	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
33	Insuficiente	Acceptable	Baja	Acceptable	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
34	Insuficiente	Acceptable	Baja	Optima	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
35	Insuficiente	Acceptable	Baja	Optima	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
36	Insuficiente	Acceptable	Baja	Optima	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
37	Insuficiente	Acceptable	Media	Insuficiente	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable

Continuación del Bloque RB_CT.

Política

					PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10					Salida: APR_CT	Salida: APR_CT	Salida: APR_CT
SI					ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT		
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy.	Métodos. cons.			
38	Insuficiente	Aceptable	Media	Insuficiente	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
39	Insuficiente	Aceptable	Media	Insuficiente	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
40	Insuficiente	Aceptable	Media	Aceptable	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
41	Insuficiente	Aceptable	Media	Aceptable	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
42	Insuficiente	Aceptable	Media	Aceptable	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
43	Insuficiente	Aceptable	Media	Optima	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
44	Insuficiente	Aceptable	Media	Optima	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
45	Insuficiente	Aceptable	Media	Optima	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
46	Insuficiente	Aceptable	Alta	Insuficiente	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
47	Insuficiente	Aceptable	Alta	Insuficiente	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
48	Insuficiente	Aceptable	Alta	Insuficiente	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
49	Insuficiente	Aceptable	Alta	Aceptable	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
50	Insuficiente	Aceptable	Alta	Aceptable	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
51	Insuficiente	Aceptable	Alta	Aceptable	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
52	Insuficiente	Aceptable	Alta	Optima	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
53	Insuficiente	Aceptable	Alta	Optima	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
54	Insuficiente	Aceptable	Alta	Optima	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable

Continuación del Bloque RB_CT.

Política

				PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10				Salida: APR_CT	Salida: APR_CT	Salida: APR_CT
SI				ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT	
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy.	Métodos. cons.		
55	Insuficiente	Optima	Baja	Insuficiente	Baja Insufi.	No_Deseable
56	Insuficiente	Optima	Baja	Insuficiente	Media_Acep.	No_Deseable
57	Insuficiente	Optima	Baja	Insuficiente	AltaOptima	No_Deseable
58	Insuficiente	Optima	Baja	Aceptable	Baja Insufi.	No_Deseable
59	Insuficiente	Optima	Baja	Aceptable	Media_Acep.	No_Deseable
60	Insuficiente	Optima	Baja	Aceptable	AltaOptima	No_Deseable
61	Insuficiente	Optima	Baja	Optima	Baja Insufi.	No_Deseable
62	Insuficiente	Optima	Baja	Optima	Media_Acep.	No_Deseable
63	Insuficiente	Optima	Baja	Optima	AltaOptima	No_Deseable
64	Insuficiente	Optima	Media	Insuficiente	Baja Insufi.	No_Deseable
65	Insuficiente	Optima	Media	Insuficiente	Media_Acep.	No_Deseable
66	Insuficiente	Optima	Media	Insuficiente	AltaOptima	No_Deseable
67	Insuficiente	Optima	Media	Aceptable	Baja Insufi.	No_Deseable
68	Insuficiente	Optima	Media	Aceptable	Media_Acep.	No_Deseable
69	Insuficiente	Optima	Media	Aceptable	AltaOptima	No_Deseable
70	Insuficiente	Optima	Media	Optima	Baja Insufi.	No_Deseable
71	Insuficiente	Optima	Media	Optima	Media_Acep.	No_Deseable

Continuación del Bloque RB_CT.

Política

				PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10				Salida: APR_CT	Salida: APR_CT	Salida: APR_CT
SI				ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT	
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy.	Métodos. cons.		
72	Insuficiente	Optima	Media	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
73	Insuficiente	Optima	Alta	Insuficiente Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
74	Insuficiente	Optima	Alta	Insuficiente Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
75	Insuficiente	Optima	Alta	Insuficiente AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
76	Insuficiente	Optima	Alta	Aceptable Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
77	Insuficiente	Optima	Alta	Aceptable Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
78	Insuficiente	Optima	Alta	Aceptable AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
79	Insuficiente	Optima	Alta	Optima Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
80	Insuficiente	Optima	Alta	Optima Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
81	Insuficiente	Optima	Alta	Optima AltaOptima	Aceptable	Aceptable
82	Aceptable	Inadecuada Baja	Insuficiente Baja_Insufi.	Insuficiente Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
83	Aceptable	Inadecuada Baja	Insuficiente Media_Acep.	Insuficiente Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
84	Aceptable	Inadecuada Baja	Insuficiente AltaOptima	Insuficiente AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
85	Aceptable	Inadecuada Baja	Aceptable Baja_Insufi.	Aceptable Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
86	Aceptable	Inadecuada Baja	Aceptable Media_Acep.	Aceptable Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
87	Aceptable	Inadecuada Baja	Aceptable AltaOptima	Aceptable AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
88	Aceptable	Inadecuada Baja	Optima Baja_Insufi.	Optima Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable

Continuación del Bloque RB_CT.

Política

					PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10					Salida: APR_CT	Salida: APR_CT	Salida: APR_CT
SI					ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT		
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy.	Métodos. cons.			
89	Acceptable	Inadecuada	Baja	Optima	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
90	Acceptable	Inadecuada	Baja	Optima	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
91	Acceptable	Inadecuada	Media	Insuficiente	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
92	Acceptable	Inadecuada	Media	Insuficiente	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
93	Acceptable	Inadecuada	Media	Insuficiente	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
94	Acceptable	Inadecuada	Media	Aceptable	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
95	Acceptable	Inadecuada	Media	Aceptable	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
96	Acceptable	Inadecuada	Media	Aceptable	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
97	Acceptable	Inadecuada	Media	Optima	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
98	Acceptable	Inadecuada	Media	Optima	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
99	Acceptable	Inadecuada	Media	Optima	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
100	Acceptable	Inadecuada	Alta	Insuficiente	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
101	Acceptable	Inadecuada	Alta	Insuficiente	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
102	Acceptable	Inadecuada	Alta	Insuficiente	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable
103	Acceptable	Inadecuada	Alta	Aceptable	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
104	Acceptable	Inadecuada	Alta	Aceptable	Media_Acep.	No_Deseable	No_Deseable
105	Acceptable	Inadecuada	Alta	Aceptable	AltaOptima	No_Deseable	No_Deseable

Continuación del Bloque RB_CT.

Política

				PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10				Salida: APR_CT	Salida: APR_CT	Salida: APR_CT
SI				ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT	
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy.	Métodos. cons.		
106	Aceptable	Inadecuada	Alta	Optima	Baja_Insufi.	No_Deseable
107	Aceptable	Inadecuada	Alta	Optima	Media_Acep.	No_Deseable
108	Aceptable	Inadecuada	Alta	Optima	AltaOptima	No_Deseable
109	Aceptable	Aceptable	Baja	Insuficiente	Baja_Insufi.	Aceptable
110	Aceptable	Aceptable	Baja	Insuficiente	Media_Acep.	Aceptable
111	Aceptable	Aceptable	Baja	Insuficiente	AltaOptima	Aceptable
112	Aceptable	Aceptable	Baja	Aceptable	Baja_Insufi.	Aceptable
113	Aceptable	Aceptable	Baja	Aceptable	Media_Acep.	Aceptable
114	Aceptable	Aceptable	Baja	Aceptable	AltaOptima	Aceptable
115	Aceptable	Aceptable	Baja	Optima	Baja_Insufi.	Aceptable
116	Aceptable	Aceptable	Baja	Optima	Media_Acep.	Aceptable
117	Aceptable	Aceptable	Baja	Optima	AltaOptima	Aceptable
118	Aceptable	Aceptable	Media	Insuficiente	Baja_Insufi.	Aceptable
119	Aceptable	Aceptable	Media	Insuficiente	Media_Acep.	Aceptable
120	Aceptable	Aceptable	Media	Insuficiente	AltaOptima	Aceptable
121	Aceptable	Aceptable	Media	Aceptable	Baja_Insufi.	Aceptable
122	Aceptable	Aceptable	Media	Aceptable	Media_Acep.	Aceptable

Continuación del Bloque RB_CT.

Política

		PLAZO		COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10		Salida: APR_CT		Salida: APR_CT		Salida: APR_CT	
SI		ENTONCES		ENTONCES		ENTONCES	
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT		
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy.	Métodos. cons.			
123	Acceptable	Acceptable	Media	Acceptable	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
124	Acceptable	Acceptable	Media	Optima	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
125	Acceptable	Acceptable	Media	Optima	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
126	Acceptable	Acceptable	Media	Optima	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
127	Acceptable	Acceptable	Alta	Insuficiente	Baja_Insufi.	No_Deseable	No_Deseable
128	Acceptable	Acceptable	Alta	Insuficiente	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
129	Acceptable	Acceptable	Alta	Insuficiente	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
130	Acceptable	Acceptable	Alta	Acceptable	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
131	Acceptable	Acceptable	Alta	Acceptable	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
132	Acceptable	Acceptable	Alta	Acceptable	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
133	Acceptable	Acceptable	Alta	Optima	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
134	Acceptable	Acceptable	Alta	Optima	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
135	Acceptable	Acceptable	Alta	Optima	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
136	Acceptable	Optima	Baja	Insuficiente	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
137	Acceptable	Optima	Baja	Insuficiente	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
138	Acceptable	Optima	Baja	Insuficiente	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
139	Acceptable	Optima	Baja	Acceptable	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable

Continuación del Bloque RB_CT.

Política

					PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10					Salida: APR_CT	Salida: APR_CT	Salida: APR_CT
SI					ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT		
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy.	Métodos. cons.			
140	Aceptable	Optima	Baja	Aceptable	Media_Acep.	Aceptable	Aceptable
141	Aceptable	Optima	Baja	Aceptable	AltaOptima	Aceptable	Aceptable
142	Aceptable	Optima	Baja	Optima	Baja_Insufi.	Aceptable	Aceptable
143	Aceptable	Optima	Baja	Optima	Media_Acep.	Aceptable	Aceptable
144	Aceptable	Optima	Baja	Optima	AltaOptima	Optima	Optima
145	Aceptable	Optima	Media	Insuficiente	Baja_Insufi.	Aceptable	Aceptable
146	Aceptable	Optima	Media	Insuficiente	Media_Acep.	Aceptable	Aceptable
147	Aceptable	Optima	Media	Insuficiente	AltaOptima	Aceptable	Aceptable
148	Aceptable	Optima	Media	Aceptable	Baja_Insufi.	Aceptable	Aceptable
149	Aceptable	Optima	Media	Aceptable	Media_Acep.	Aceptable	Aceptable
150	Aceptable	Optima	Media	Aceptable	AltaOptima	Aceptable	Aceptable
151	Aceptable	Optima	Media	Optima	Baja_Insufi.	Aceptable	Aceptable
152	Aceptable	Optima	Media	Optima	Media_Acep.	Aceptable	Aceptable
153	Aceptable	Optima	Media	Optima	AltaOptima	Aceptable	Aceptable
154	Aceptable	Optima	Alta	Insuficiente	Baja_Insufi.	Aceptable	Aceptable
155	Aceptable	Optima	Alta	Insuficiente	Media_Acep.	Aceptable	Aceptable
156	Aceptable	Optima	Alta	Insuficiente	AltaOptima	Aceptable	Aceptable

Continuación del Bloque RB_CT.

Política

		PLAZO		COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10		Salida: APR_CT		Salida: APR_CT		Salida: APR_CT	
SI		ENTONCES		ENTONCES		ENTONCES	
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT		
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy.	Métodos. cons.			
157	Acceptable	Optima	Alta	Acceptable	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
158	Acceptable	Optima	Alta	Acceptable	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
159	Acceptable	Optima	Alta	Acceptable	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
160	Acceptable	Optima	Alta	Optima	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
161	Acceptable	Optima	Alta	Optima	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
162	Acceptable	Optima	Alta	Optima	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
163	Relevante	Inadecuada	Baja	Insuficiente	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
164	Relevante	Inadecuada	Baja	Insuficiente	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
165	Relevante	Inadecuada	Baja	Insuficiente	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
166	Relevante	Inadecuada	Baja	Acceptable	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
167	Relevante	Inadecuada	Baja	Acceptable	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
168	Relevante	Inadecuada	Baja	Acceptable	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
169	Relevante	Inadecuada	Baja	Optima	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
170	Relevante	Inadecuada	Baja	Optima	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
171	Relevante	Inadecuada	Baja	Optima	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
172	Relevante	Inadecuada	Media	Insuficiente	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
173	Relevante	Inadecuada	Media	Insuficiente	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable

Continuación del Bloque RB_CT.

Política

				PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10				Salida: APR_CT	Salida: APR_CT	Salida: APR_CT
SI				ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT	
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy.	Métodos. cons.		
174	Relevante	Inadecuada	Media	Insuficiente	AltaOptima	Aceptable
175	Relevante	Inadecuada	Media	Aceptable	Baja_Insufi.	Aceptable
176	Relevante	Inadecuada	Media	Aceptable	Media_Acep.	Aceptable
177	Relevante	Inadecuada	Media	Aceptable	AltaOptima	Aceptable
178	Relevante	Inadecuada	Media	Optima	Baja_Insufi.	Aceptable
179	Relevante	Inadecuada	Media	Optima	Media_Acep.	Aceptable
180	Relevante	Inadecuada	Media	Optima	AltaOptima	Aceptable
181	Relevante	Inadecuada	Alta	Insuficiente	Baja_Insufi.	No_Deseable
182	Relevante	Inadecuada	Alta	Insuficiente	Media_Acep.	Aceptable
183	Relevante	Inadecuada	Alta	Insuficiente	AltaOptima	Aceptable
184	Relevante	Inadecuada	Alta	Aceptable	Baja_Insufi.	Aceptable
185	Relevante	Inadecuada	Alta	Aceptable	Media_Acep.	Aceptable
186	Relevante	Inadecuada	Alta	Aceptable	AltaOptima	Aceptable
187	Relevante	Inadecuada	Alta	Optima	Baja_Insufi.	Aceptable
188	Relevante	Inadecuada	Alta	Optima	Media_Acep.	Aceptable
189	Relevante	Inadecuada	Alta	Optima	AltaOptima	Aceptable
190	Relevante	Aceptable	Baja	Insuficiente	Baja_Insufi.	Aceptable

Continuación del Bloque RB_CT.

Política

		PLAZO		COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10		Salida: APR_CT		Salida: APR_CT		Salida: APR_CT	
SI		ENTONCES		ENTONCES		ENTONCES	
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT		
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy.	Métodos. cons.			
191	Relevante	Aceptable	Baja	Insuficiente	Media_Acep.	Aceptable	Aceptable
192	Relevante	Aceptable	Baja	Insuficiente	AltaOptima	Aceptable	Aceptable
193	Relevante	Aceptable	Baja	Aceptable	Baja_Insufi.	Aceptable	Aceptable
194	Relevante	Aceptable	Baja	Aceptable	Media_Acep.	Aceptable	Aceptable
195	Relevante	Aceptable	Baja	Aceptable	AltaOptima	Aceptable	Aceptable
196	Relevante	Aceptable	Baja	Optima	Baja_Insufi.	Aceptable	Aceptable
197	Relevante	Aceptable	Baja	Optima	Media_Acep.	Aceptable	Aceptable
198	Relevante	Aceptable	Baja	Optima	AltaOptima	Optima	Optima
199	Relevante	Aceptable	Media	Insuficiente	Baja_Insufi.	Aceptable	Aceptable
200	Relevante	Aceptable	Media	Insuficiente	Media_Acep.	Aceptable	Aceptable
201	Relevante	Aceptable	Media	Insuficiente	AltaOptima	Aceptable	Aceptable
202	Relevante	Aceptable	Media	Aceptable	Baja_Insufi.	Aceptable	Aceptable
203	Relevante	Aceptable	Media	Aceptable	Media_Acep.	Aceptable	Aceptable
204	Relevante	Aceptable	Media	Aceptable	AltaOptima	Aceptable	Aceptable
205	Relevante	Aceptable	Media	Optima	Baja_Insufi.	Aceptable	Aceptable
206	Relevante	Aceptable	Media	Optima	Media_Acep.	Aceptable	Aceptable
207	Relevante	Aceptable	Media	Optima	AltaOptima	Aceptable	Aceptable

Continuación del Bloque RB_CT.

Política

					PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10					Salida: APR_CT	Salida: APR_CT	Salida: APR_CT
SI					ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT		
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy.	Métodos. cons.			
208	Relevante	Aceptable	Alta	Insuficiente	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
209	Relevante	Aceptable	Alta	Insuficiente	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
210	Relevante	Aceptable	Alta	Insuficiente	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
211	Relevante	Aceptable	Alta	Aceptable	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
212	Relevante	Aceptable	Alta	Aceptable	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
213	Relevante	Aceptable	Alta	Aceptable	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
214	Relevante	Aceptable	Alta	Optima	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
215	Relevante	Aceptable	Alta	Optima	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
216	Relevante	Aceptable	Alta	Optima	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
217	Relevante	Optima	Baja	Insuficiente	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
218	Relevante	Optima	Baja	Insuficiente	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
219	Relevante	Optima	Baja	Insuficiente	AltaOptima	Acceptable	Acceptable
220	Relevante	Optima	Baja	Aceptable	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
221	Relevante	Optima	Baja	Aceptable	Media_Acep.	Acceptable	Acceptable
222	Relevante	Optima	Baja	Aceptable	AltaOptima	Optima	Optima
223	Relevante	Optima	Baja	Optima	Baja_Insufi.	Acceptable	Acceptable
224	Relevante	Optima	Baja	Optima	Media_Acep.	Optima	Optima

Continuación del Bloque RB_CT.

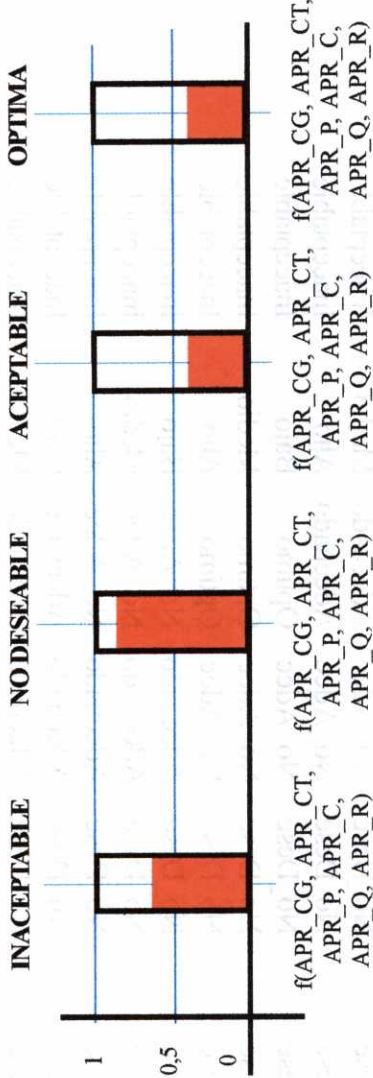
Política

				PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_E, APR_T, APR06, APR09, APR10				Salida: APR_CT	Salida: APR_CT	Salida: APR_CT
SI				ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_E	APR_T	APR06	APR09	APR10	APR_CT	
Experiencia	Org. técnica	Renova. per.	Compre. proy.	Métodos. cons.		
225	Relevante	Optima	Baja	Optima	Optima	Optima
226	Relevante	Optima	Media	Insuficiente	Baja_Insufi.	Acceptable
227	Relevante	Optima	Media	Insuficiente	Media_Acep.	Acceptable
228	Relevante	Optima	Media	Insuficiente	AltaOptima	Acceptable
229	Relevante	Optima	Media	Acceptable	Baja_Insufi.	Acceptable
230	Relevante	Optima	Media	Acceptable	Media_Acep.	Acceptable
231	Relevante	Optima	Media	Acceptable	AltaOptima	Optima
232	Relevante	Optima	Media	Optima	Baja_Insufi.	Acceptable
233	Relevante	Optima	Media	Optima	Media_Acep.	Optima
234	Relevante	Optima	Media	Optima	AltaOptima	Optima
235	Relevante	Optima	Alta	Insuficiente	Baja_Insufi.	No_Deseable
236	Relevante	Optima	Alta	Insuficiente	Media_Acep.	Acceptable
237	Relevante	Optima	Alta	Insuficiente	AltaOptima	Acceptable
238	Relevante	Optima	Alta	Acceptable	Baja_Insufi.	Acceptable
239	Relevante	Optima	Alta	Acceptable	Media_Acep.	Optima
240	Relevante	Optima	Alta	Acceptable	AltaOptima	Optima
241	Relevante	Optima	Alta	Optima	Baja_Insufi.	Acceptable

VARIABLE DE ABSTRACCIÓN APR -EV

Partición Borrosa para

Capacidad de técnica y su ajuste a la obra. APR_EV.



Bloque RB_EV

Política

	PLAZO	COSTE	CALIDAD
--	-------	-------	---------

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R

SI

Salida: APR_R

ENTONCES

ENTONCES

APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		

- 1 No_Adec No_Dese No_Adec No_Adec Bajo Inaceptable
- 2 No_Adec No_Dese No_Adec No_Adec Medio Inaceptable

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R Salida: APR_R

SI **ENTONCES** **ENTONCES**

3	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Alto	Inacceptable
4	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Bajo	Inacceptable
5	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Medio	Inacceptable
6	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Alto	Inacceptable
7	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Bajo	Inacceptable
8	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Medio	Inacceptable
9	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Alto	Inacceptable
10	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Bajo	Inacceptable
11	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Medio	Inacceptable
12	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Alto	Inacceptable
13	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Bajo	Inacceptable
14	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Medio	Inacceptable
15	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Alto	Inacceptable
16	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Bajo	Inacceptable
17	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Medio	Inacceptable
18	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Alto	Inacceptable
19	No_Adec	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Dese	No_Dese	M_Objeto	Bajo	Inacceptable

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD			
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R		Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R			
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES			
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		

20	No_Adec	No_Dese	No_Dese	M_Obj	No_Adec	Medio	Inaceptable	
21	No_Adec	No_Dese	No_Dese	M_Obj	No_Adec	Alto	Inaceptable	
22	No_Adec	No_Dese	No_Dese	M_Obj	Adecuado	Bajo	Inaceptable	
23	No_Adec	No_Dese	No_Dese	M_Obj	Adecuado	Medio	Inaceptable	
24	No_Adec	No_Dese	No_Dese	M_Obj	Adecuado	Alto	Inaceptable	
25	No_Adec	No_Dese	No_Dese	M_Obj	Optimo	Bajo	Inaceptable	
26	No_Adec	No_Dese	No_Dese	M_Obj	Optimo	Medio	Inaceptable	
27	No_Adec	No_Dese	No_Dese	M_Obj	Optimo	Alto	Inaceptable	
28	No_Adec	No_Dese	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Bajo	Inaceptable	
29	No_Adec	No_Dese	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Medio	Inaceptable	
30	No_Adec	No_Dese	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Alto	Inaceptable	
31	No_Adec	No_Dese	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Bajo	No_Deseable	
32	No_Adec	No_Dese	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Medio	Inaceptable	
33	No_Adec	No_Dese	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Alto	Inaceptable	
34	No_Adec	No_Dese	Acceptable	No_Adec	Optimo	Bajo	No_Deseable	
35	No_Adec	No_Dese	Acceptable	No_Adec	Optimo	Medio	No_Deseable	
36	No_Adec	No_Dese	Acceptable	No_Adec	Optimo	Alto	Inaceptable	

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

PLAZO										COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R										Salida: APR_R		Salida: APR_R	
SI										ENTONCES		ENTONCES	
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV				
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo								
37	No_Adec	No_Dese	Acceptable	Adecuado	No_Adec	Bajo	No_Deseable						
38	No_Adec	No_Dese	Acceptable	Adecuado	No_Adec	Medio	Inacceptable						
39	No_Adec	No_Dese	Acceptable	Adecuado	No_Adec	Alto	Inacceptable						
40	No_Adec	No_Dese	Acceptable	Adecuado	Adecuado	Bajo	No_Deseable						
41	No_Adec	No_Dese	Acceptable	Adecuado	Adecuado	Medio	No_Deseable						
42	No_Adec	No_Dese	Acceptable	Adecuado	Adecuado	Alto	Inacceptable						
43	No_Adec	No_Dese	Acceptable	Adecuado	Optimo	Bajo	No_Deseable						
44	No_Adec	No_Dese	Acceptable	Adecuado	Optimo	Medio	No_Deseable						
45	No_Adec	No_Dese	Acceptable	Adecuado	Optimo	Alto	No_Deseable						
46	No_Adec	No_Dese	Acceptable	M_Obj	No_Adec	Bajo	No_Deseable						
47	No_Adec	No_Dese	Acceptable	M_Obj	No_Adec	Medio	No_Deseable						
48	No_Adec	No_Dese	Acceptable	M_Obj	No_Adec	Alto	Inacceptable						
49	No_Adec	No_Dese	Acceptable	M_Obj	Adecuado	Bajo	No_Deseable						
50	No_Adec	No_Dese	Acceptable	M_Obj	Adecuado	Medio	No_Deseable						
51	No_Adec	No_Dese	Acceptable	M_Obj	Adecuado	Alto	No_Deseable						
52	No_Adec	No_Dese	Acceptable	M_Obj	Optimo	Bajo	Acceptable						
53	No_Adec	No_Dese	Acceptable	M_Obj	Optimo	Medio	No_Deseable						

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD			
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R		Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R			
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES			
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		

54	No_Adec	No_Dese	Aceptable	M_Obje	Optimo	Alto	No Deseable
55	No_Adec	No_Dese	Optima	No_Adec	No_Adec	Bajo	No Deseable
56	No_Adec	No_Dese	Optima	No_Adec	No_Adec	Medio	Inaceptable
57	No_Adec	No_Dese	Optima	No_Adec	No_Adec	Alto	Inaceptable
58	No_Adec	No_Dese	Optima	No_Adec	Adecuado	Bajo	No Deseable
59	No_Adec	No_Dese	Optima	No_Adec	Adecuado	Medio	No Deseable
60	No_Adec	No_Dese	Optima	No_Adec	Adecuado	Alto	Inaceptable
61	No_Adec	No_Dese	Optima	No_Adec	Optimo	Bajo	No Deseable
62	No_Adec	No_Dese	Optima	No_Adec	Optimo	Medio	No Deseable
63	No_Adec	No_Dese	Optima	No_Adec	Optimo	Alto	No Deseable
64	No_Adec	No_Dese	Optima	Adecuado	No_Adec	Bajo	No Deseable
65	No_Adec	No_Dese	Optima	Adecuado	No_Adec	Medio	No Deseable
66	No_Adec	No_Dese	Optima	Adecuado	No_Adec	Alto	Inaceptable
67	No_Adec	No_Dese	Optima	Adecuado	Adecuado	Bajo	No Deseable
68	No_Adec	No_Dese	Optima	Adecuado	Adecuado	Medio	No Deseable
69	No_Adec	No_Dese	Optima	Adecuado	Adecuado	Alto	No Deseable
70	No_Adec	No_Dese	Optima	Adecuado	Optimo	Bajo	Aceptable

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD			
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R							
SI							
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		

71	No_Adec	No_Dese	Optima	Adecuado	Optimo	Medio	No_Deseable
72	No_Adec	No_Dese	Optima	Adecuado	Optimo	Alto	No_Deseable
73	No_Adec	No_Dese	Optima	M_Objeto	No_Adec	Bajo	No_Deseable
74	No_Adec	No_Dese	Optima	M_Objeto	No_Adec	Medio	No_Deseable
75	No_Adec	No_Dese	Optima	M_Objeto	No_Adec	Alto	No_Deseable
76	No_Adec	No_Dese	Optima	M_Objeto	Adecuado	Bajo	Aceptable
77	No_Adec	No_Dese	Optima	M_Objeto	Adecuado	Medio	No_Deseable
78	No_Adec	No_Dese	Optima	M_Objeto	Adecuado	Alto	No_Deseable
79	No_Adec	No_Dese	Optima	M_Objeto	Optimo	Bajo	Aceptable
80	No_Adec	No_Dese	Optima	M_Objeto	Optimo	Medio	Aceptable
81	No_Adec	No_Dese	Optima	M_Objeto	Optimo	Alto	No_Deseable
82	No_Adec	Aceptable	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Bajo	Inaceptable
83	No_Adec	Aceptable	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Medio	Inaceptable
84	No_Adec	Aceptable	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Alto	Inaceptable
85	No_Adec	Aceptable	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Bajo	No_Deseable
86	No_Adec	Aceptable	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Medio	Inaceptable
87	No_Adec	Aceptable	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Alto	Inaceptable

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
SI									
PLAZO COSTE CALIDAD									
Salida: APR_R Salida: APR_R Salida: APR_R									
ENTONCES ENTONCES ENTONCES									
APR_C APR_CG APR_CT APR_P APR_Q APR_R APR_EV APR_EV									
Coste Capacidad G. Capa. Tec. Plazo Calidad Riesgo									
88	No_Adec	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Optimo	Bajo	No_Deseable		
89	No_Adec	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Optimo	Medio	No_Deseable		
90	No_Adec	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Optimo	Alto	Inacceptable		
91	No_Adec	Acceptable	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Bajo	No_Deseable		
92	No_Adec	Acceptable	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Medio	Inacceptable		
93	No_Adec	Acceptable	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Alto	Inacceptable		
94	No_Adec	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Bajo	No_Deseable		
95	No_Adec	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Medio	No_Deseable		
96	No_Adec	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Alto	Inacceptable		
97	No_Adec	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Optimo	Bajo	No_Deseable		
98	No_Adec	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Optimo	Medio	No_Deseable		
99	No_Adec	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Optimo	Alto	No_Deseable		
100	No_Adec	Acceptable	No_Dese	M_Obj	No_Adec	Bajo	No_Deseable		
101	No_Adec	Acceptable	No_Dese	M_Obj	No_Adec	Medio	No_Deseable		
102	No_Adec	Acceptable	No_Dese	M_Obj	No_Adec	Alto	Inacceptable		
103	No_Adec	Acceptable	No_Dese	M_Obj	Adecuado	Bajo	No_Deseable		
104	No_Adec	Acceptable	No_Dese	M_Obj	Adecuado	Medio	No_Deseable		

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R						
SI						
PLAZO	COSTE	CALIDAD				
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo	
105 No_Adec	Aceptable	No_Dese	M_Obje	Adecuado	Alto	No Deseable
106 No_Adec	Aceptable	No_Dese	M_Obje	Optimo	Bajo	Aceptable
107 No_Adec	Aceptable	No_Dese	M_Obje	Optimo	Medio	No Deseable
108 No_Adec	Aceptable	No_Dese	M_Obje	Optimo	Alto	No Deseable
109 No_Adec	Aceptable	Aceptable	No_Adec	No_Adec	Bajo	No Deseable
110 No_Adec	Aceptable	Aceptable	No_Adec	No_Adec	Medio	Inaceptable
111 No_Adec	Aceptable	Aceptable	No_Adec	No_Adec	Alto	Inaceptable
112 No_Adec	Aceptable	Aceptable	No_Adec	Adecuado	Bajo	No Deseable
113 No_Adec	Aceptable	Aceptable	No_Adec	Adecuado	Medio	No Deseable
114 No_Adec	Aceptable	Aceptable	No_Adec	Adecuado	Alto	Inaceptable
115 No_Adec	Aceptable	Aceptable	No_Adec	Optimo	Bajo	No Deseable
116 No_Adec	Aceptable	Aceptable	No_Adec	Optimo	Medio	No Deseable
117 No_Adec	Aceptable	Aceptable	No_Adec	Optimo	Alto	No Deseable
118 No_Adec	Aceptable	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Bajo	No Deseable
119 No_Adec	Aceptable	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Medio	No Deseable
120 No_Adec	Aceptable	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Alto	Inaceptable
121 No_Adec	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Bajo	No Deseable

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

		PLAZO	COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R		Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo	
122 No_Adec	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Medio	No Deseable
123 No_Adec	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Alto	No Deseable
124 No_Adec	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Optimo	Bajo	Aceptable
125 No_Adec	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Optimo	Medio	No Deseable
126 No_Adec	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Optimo	Alto	No Deseable
127 No_Adec	Aceptable	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Bajo	No Deseable
128 No_Adec	Aceptable	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Medio	No Deseable
129 No_Adec	Aceptable	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Alto	No Deseable
130 No_Adec	Aceptable	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Bajo	Aceptable
131 No_Adec	Aceptable	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Medio	No Deseable
132 No_Adec	Aceptable	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Alto	No Deseable
133 No_Adec	Aceptable	Aceptable	M_Obje	Optimo	Bajo	Aceptable
134 No_Adec	Aceptable	Aceptable	M_Obje	Optimo	Medio	Aceptable
135 No_Adec	Aceptable	Aceptable	M_Obje	Optimo	Alto	No Deseable
136 No_Adec	Aceptable	Optima	No_Adec	No_Adec	Bajo	No Deseable
137 No_Adec	Aceptable	Optima	No_Adec	No_Adec	Medio	No Deseable
138 No_Adec	Aceptable	Optima	No_Adec	No_Adec	Alto	Inaceptable

Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R
ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES

Entradas: APR C, APR CG, APR CT, APR P, APR Q, APR R

IS

pag. AII - 98

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

SI							
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R							
PLAZO		COSTE		CALIDAD			
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		
156	No_Adec	Aceptable	M_Obj	No_Adec	Alto	No Deseable	
157	No_Adec	Aceptable	M_Obj	Adecuado	Bajo	Aceptable	
158	No_Adec	Aceptable	M_Obj	Adecuado	Medio	Aceptable	
159	No_Adec	Aceptable	M_Obj	Adecuado	Alto	No Deseable	
160	No_Adec	Aceptable	M_Obj	Optimo	Bajo	Aceptable	
161	No_Adec	Aceptable	M_Obj	Optimo	Medio	Aceptable	
162	No_Adec	Aceptable	M_Obj	Optimo	Alto	Aceptable	
163	No_Adec	Optima	No_Dese	No_Adec	Bajo	No Deseable	
164	No_Adec	Optima	No_Dese	No_Adec	Medio	Inaceptable	
165	No_Adec	Optima	No_Dese	No_Adec	Alto	Inaceptable	
166	No_Adec	Optima	No_Dese	Adecuado	Bajo	No Deseable	
167	No_Adec	Optima	No_Dese	Adecuado	Medio	No Deseable	
168	No_Adec	Optima	No_Dese	Adecuado	Alto	Inaceptable	
169	No_Adec	Optima	No_Dese	Optimo	Bajo	No Deseable	
170	No_Adec	Optima	No_Dese	Optimo	Medio	No Deseable	
171	No_Adec	Optima	No_Dese	Optimo	Alto	No Deseable	
172	No_Adec	Optima	No_Dese	Adecuado	Bajo	No Deseable	

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R							
SI							
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	PLAZO	CALIDAD
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		
173 No_Adec	Optima	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Medio	No Deseable	
174 No_Adec	Optima	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Alto	Inaceptable	
175 No_Adec	Optima	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Bajo	No Deseable	
176 No_Adec	Optima	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Medio	No Deseable	
177 No_Adec	Optima	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Alto	No Deseable	
178 No_Adec	Optima	No_Dese	Adecuado	Optimo	Bajo	Aceptable	
179 No_Adec	Optima	No_Dese	Adecuado	Optimo	Medio	No Deseable	
180 No_Adec	Optima	No_Dese	Adecuado	Optimo	Alto	No Deseable	
181 No_Adec	Optima	No_Dese	M_Obj	No_Adec	Bajo	No Deseable	
182 No_Adec	Optima	No_Dese	M_Obj	No_Adec	Medio	No Deseable	
183 No_Adec	Optima	No_Dese	M_Obj	No_Adec	Alto	No Deseable	
184 No_Adec	Optima	No_Dese	M_Obj	Adecuado	Bajo	Aceptable	
185 No_Adec	Optima	No_Dese	M_Obj	Adecuado	Medio	No Deseable	
186 No_Adec	Optima	No_Dese	M_Obj	Adecuado	Alto	No Deseable	
187 No_Adec	Optima	No_Dese	M_Obj	Optimo	Bajo	Aceptable	
188 No_Adec	Optima	No_Dese	M_Obj	Optimo	Medio	Aceptable	
189 No_Adec	Optima	No_Dese	M_Obj	Optimo	Alto	No Deseable	

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD			
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R		Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R			
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES			
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		

190	No_Adec	Optima	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Bajo	No Deseable
191	No_Adec	Optima	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Medio	No Deseable
192	No_Adec	Optima	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Alto	Inacceptable
193	No_Adec	Optima	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Bajo	No Deseable
194	No_Adec	Optima	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Medio	No Deseable
195	No_Adec	Optima	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Alto	No Deseable
196	No_Adec	Optima	Acceptable	No_Adec	Optimo	Bajo	Acceptable
197	No_Adec	Optima	Acceptable	No_Adec	Optimo	Medio	No Deseable
198	No_Adec	Optima	Acceptable	No_Adec	Optimo	Alto	No Deseable
199	No_Adec	Optima	Acceptable	Adecuado	No_Adec	Bajo	No Deseable
200	No_Adec	Optima	Acceptable	Adecuado	No_Adec	Medio	No Deseable
201	No_Adec	Optima	Acceptable	Adecuado	No_Adec	Alto	No Deseable
202	No_Adec	Optima	Acceptable	Adecuado	Adecuado	Bajo	Inacceptable
203	No_Adec	Optima	Acceptable	Adecuado	Adecuado	Medio	Inacceptable
204	No_Adec	Optima	Acceptable	Adecuado	Adecuado	Alto	No Deseable
205	No_Adec	Optima	Acceptable	Adecuado	Optimo	Bajo	Inacceptable
206	No_Adec	Optima	Acceptable	Adecuado	Optimo	Medio	Inacceptable

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

		PLAZO		COSTE		CALIDAD	
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R		Salida: APR_R		Salida: APR_R		Salida: APR_R	
SI		ENTONCES		ENTONCES		ENTONCES	
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		
207 No_Adec	Optima	Aceptable	Adecuado	Optimo	Alto	No Deseable	
208 No_Adec	Optima	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Bajo	Aceptable	
209 No_Adec	Optima	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Medio	No Deseable	
210 No_Adec	Optima	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Alto	No Deseable	
211 No_Adec	Optima	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Bajo	Inaceptable	
212 No_Adec	Optima	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Medio	Inaceptable	
213 No_Adec	Optima	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Alto	No Deseable	
214 No_Adec	Optima	Aceptable	M_Obje	Optimo	Bajo	Aceptable	
215 No_Adec	Optima	Aceptable	M_Obje	Optimo	Medio	Inaceptable	
216 No_Adec	Optima	Aceptable	M_Obje	Optimo	Alto	Aceptable	
217 No_Adec	Optima	Optima	No_Adec	No_Adec	Bajo	No Deseable	
218 No_Adec	Optima	Optima	No_Adec	No_Adec	Medio	No Deseable	
219 No_Adec	Optima	Optima	No_Adec	No_Adec	Alto	Inaceptable	
220 No_Adec	Optima	Optima	No_Adec	Adecuado	Bajo	Aceptable	
221 No_Adec	Optima	Optima	No_Adec	Adecuado	Medio	No Deseable	
222 No_Adec	Optima	Optima	No_Adec	Adecuado	Alto	No Deseable	
223 No_Adec	Optima	Optima	No_Adec	Optimo	Bajo	Aceptable	

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD			
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R		Salida: APR_R ENTONCES	Salida: APR_R ENTONCES	Salida: APR_R ENTONCES			
SI							
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		

224	No_Adec	Optima	Optima	No_Adec	Optimo	Medio	Acceptable
225	No_Adec	Optima	Optima	No_Adec	Optimo	Alto	No Deseable
226	No_Adec	Optima	Optima	Adecuado	No_Adec	Bajo	Acceptable
227	No_Adec	Optima	Optima	Adecuado	No_Adec	Medio	No Deseable
228	No_Adec	Optima	Optima	Adecuado	No_Adec	Alto	No Deseable
229	No_Adec	Optima	Optima	Adecuado	Adecuado	Bajo	Acceptable
230	No_Adec	Optima	Optima	Adecuado	Adecuado	Medio	Acceptable
231	No_Adec	Optima	Optima	Adecuado	Adecuado	Alto	No Deseable
232	No_Adec	Optima	Optima	Adecuado	Optimo	Bajo	Acceptable
233	No_Adec	Optima	Optima	Adecuado	Optimo	Medio	Acceptable
234	No_Adec	Optima	Optima	Adecuado	Optimo	Alto	Acceptable
235	No_Adec	Optima	Optima	M_Obj	No_Adec	Bajo	Acceptable
236	No_Adec	Optima	Optima	M_Obj	No_Adec	Medio	Acceptable
237	No_Adec	Optima	Optima	M_Obj	No_Adec	Alto	No Deseable
238	No_Adec	Optima	Optima	M_Obj	Adecuado	Bajo	Acceptable
239	No_Adec	Optima	Optima	M_Obj	Adecuado	Medio	Acceptable
240	No_Adec	Optima	Optima	M_Obj	Adecuado	Alto	Acceptable

Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R
ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES

Entradas: APR C, APR CG, APR CT, APR P, APR Q, APR R

ISpag. AII - 104

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD			
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R		Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R			
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES			
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		

258	Adecuado	No_Dese	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Alto	Inaceptable
259	Adecuado	No_Dese	No_Dese	Adecuado	Optimo	Bajo	Inaceptable
260	Adecuado	No_Dese	No_Dese	Adecuado	Optimo	Medio	Inaceptable
261	Adecuado	No_Dese	No_Dese	Adecuado	Optimo	Alto	Inaceptable
262	Adecuado	No_Dese	No_Dese	M_Obj	No_Adec	Bajo	Inaceptable
263	Adecuado	No_Dese	No_Dese	M_Obj	No_Adec	Medio	Inaceptable
264	Adecuado	No_Dese	No_Dese	M_Obj	No_Adec	Alto	Inaceptable
265	Adecuado	No_Dese	No_Dese	M_Obj	Adecuado	Bajo	Inaceptable
266	Adecuado	No_Dese	No_Dese	M_Obj	Adecuado	Medio	Inaceptable
267	Adecuado	No_Dese	No_Dese	M_Obj	Adecuado	Alto	Inaceptable
268	Adecuado	No_Dese	No_Dese	M_Obj	Optimo	Bajo	Inaceptable
269	Adecuado	No_Dese	No_Dese	M_Obj	Optimo	Medio	Inaceptable
270	Adecuado	No_Dese	No_Dese	M_Obj	Optimo	Alto	Inaceptable
271	Adecuado	No_Dese	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Bajo	No_Deseable
272	Adecuado	No_Dese	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Medio	Inaceptable
273	Adecuado	No_Dese	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Alto	Inaceptable
274	Adecuado	No_Dese	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Bajo	No_Deseable

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

SI									
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
PLAZO COSTE CALIDAD									
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo				
275 Adecuado	No_Dese	Aceptable	No_Adec	Adecuado	Medio	No_Deseable			
276 Adecuado	No_Dese	Aceptable	No_Adec	Adecuado	Alto	Inaceptable			
277 Adecuado	No_Dese	Aceptable	No_Adec	Optimo	Bajo	No_Deseable			
278 Adecuado	No_Dese	Aceptable	No_Adec	Optimo	Medio	No_Deseable			
279 Adecuado	No_Dese	Aceptable	No_Adec	Optimo	Alto	No_Deseable			
280 Adecuado	No_Dese	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Bajo	No_Deseable			
281 Adecuado	No_Dese	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Medio	No_Deseable			
282 Adecuado	No_Dese	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Alto	Inaceptable			
283 Adecuado	No_Dese	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Bajo	No_Deseable			
284 Adecuado	No_Dese	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Medio	No_Deseable			
285 Adecuado	No_Dese	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Alto	No_Deseable			
286 Adecuado	No_Dese	Aceptable	Adecuado	Optimo	Bajo	Aceptable			
287 Adecuado	No_Dese	Aceptable	Adecuado	Optimo	Medio	No_Deseable			
288 Adecuado	No_Dese	Aceptable	Adecuado	Optimo	Alto	No_Deseable			
289 Adecuado	No_Dese	Aceptable	M_Objeto	No_Adec	Bajo	No_Deseable			
290 Adecuado	No_Dese	Aceptable	M_Objeto	No_Adec	Medio	No_Deseable			
291 Adecuado	No_Dese	Aceptable	M_Objeto	No_Adec	Alto	No_Deseable			

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
SI									
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	PLAZO	COSTE	CALIDAD	
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		Salida: APR_R ENTONCES	Salida: APR_R ENTONCES	Salida: APR_R ENTONCES
292	Adecuado	No_Dese	Aceptable	M_Obj	Adecuado	Bajo	Aceptable		
293	Adecuado	No_Dese	Aceptable	M_Obj	Adecuado	Medio	No_Deseable		
294	Adecuado	No_Dese	Aceptable	M_Obj	Adecuado	Alto	No_Deseable		
295	Adecuado	No_Dese	Aceptable	M_Obj	Optimo	Bajo	Aceptable		
296	Adecuado	No_Dese	Aceptable	M_Obj	Optimo	Medio	Aceptable		
297	Adecuado	No_Dese	Aceptable	M_Obj	Optimo	Alto	No_Deseable		
298	Adecuado	No_Dese	Optima	No_Adec	No_Adec	Bajo	No_Deseable		
299	Adecuado	No_Dese	Optima	No_Adec	No_Adec	Medio	No_Deseable		
300	Adecuado	No_Dese	Optima	No_Adec	No_Adec	Alto	Inaceptable		
301	Adecuado	No_Dese	Optima	No_Adec	Adecuado	Bajo	No_Deseable		
302	Adecuado	No_Dese	Optima	No_Adec	Adecuado	Medio	No_Deseable		
303	Adecuado	No_Dese	Optima	No_Adec	Adecuado	Alto	No_Deseable		
304	Adecuado	No_Dese	Optima	No_Adec	Optimo	Bajo	Aceptable		
305	Adecuado	No_Dese	Optima	No_Adec	Optimo	Medio	No_Deseable		
306	Adecuado	No_Dese	Optima	No_Adec	Optimo	Alto	No_Deseable		
307	Adecuado	No_Dese	Optima	Adecuado	No_Adec	Bajo	No_Deseable		
308	Adecuado	No_Dese	Optima	Adecuado	No_Adec	Medio	No_Deseable		

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R							PLAZO	COSTE	CALIDAD
SI							Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R
							ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV	APR_EV	
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo				
309 Adecuado	No_Dese	Optima	Adecuado	No_Adec	Alto	No Deseable			
310 Adecuado	No_Dese	Optima	Adecuado	Adecuado	Bajo	Aceptable			
311 Adecuado	No_Dese	Optima	Adecuado	Adecuado	Medio	No Deseable			
312 Adecuado	No_Dese	Optima	Adecuado	Adecuado	Alto	No Deseable			
313 Adecuado	No_Dese	Optima	Adecuado	Optimo	Bajo	Aceptable			
314 Adecuado	No_Dese	Optima	Adecuado	Optimo	Medio	Aceptable			
315 Adecuado	No_Dese	Optima	Adecuado	Optimo	Alto	No Deseable			
316 Adecuado	No_Dese	Optima	M_Obj	No_Adec	Bajo	Aceptable			
317 Adecuado	No_Dese	Optima	M_Obj	No_Adec	Medio	No Deseable			
318 Adecuado	No_Dese	Optima	M_Obj	No_Adec	Alto	No Deseable			
319 Adecuado	No_Dese	Optima	M_Obj	Adecuado	Bajo	Aceptable			
320 Adecuado	No_Dese	Optima	M_Obj	Adecuado	Medio	Aceptable			
321 Adecuado	No_Dese	Optima	M_Obj	Adecuado	Alto	No Deseable			
322 Adecuado	No_Dese	Optima	M_Obj	Optimo	Bajo	Aceptable			
323 Adecuado	No_Dese	Optima	M_Obj	Optimo	Medio	Aceptable			
324 Adecuado	No_Dese	Optima	M_Obj	Optimo	Alto	Aceptable			
325 Adecuado	Aceptable	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Bajo	No Deseable			

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
SI									
PLAZO COSTE CALIDAD									
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo				
3326 Adecuado	Acceptable	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Medio	Inacceptable			
3327 Adecuado	Acceptable	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Alto	Inacceptable			
3328 Adecuado	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Bajo	No_Deseable			
3329 Adecuado	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Medio	No_Deseable			
3330 Adecuado	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Alto	Inacceptable			
3331 Adecuado	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Optimo	Bajo	No_Deseable			
3332 Adecuado	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Optimo	Medio	No_Deseable			
3333 Adecuado	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Optimo	Alto	No_Deseable			
3334 Adecuado	Acceptable	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Bajo	No_Deseable			
3335 Adecuado	Acceptable	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Medio	No_Deseable			
3336 Adecuado	Acceptable	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Alto	Inacceptable			
3337 Adecuado	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Bajo	No_Deseable			
3338 Adecuado	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Medio	No_Deseable			
3339 Adecuado	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Alto	No_Deseable			
3340 Adecuado	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Optimo	Bajo	Acceptable			
3341 Adecuado	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Optimo	Medio	No_Deseable			
3342 Adecuado	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Optimo	Alto	No_Deseable			

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
SI									
PLAZO COSTE CALIDAD									
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo				
343	Adecuado	Acceptable	No_Dese	M_Obj	No_Adec	Bajo	No_Deseable		
344	Adecuado	Acceptable	No_Dese	M_Obj	No_Adec	Medio	No_Deseable		
345	Adecuado	Acceptable	No_Dese	M_Obj	No_Adec	Alto	No_Deseable		
346	Adecuado	Acceptable	No_Dese	M_Obj	Adecuado	Bajo	Acceptable		
347	Adecuado	Acceptable	No_Dese	M_Obj	Adecuado	Medio	No_Deseable		
348	Adecuado	Acceptable	No_Dese	M_Obj	Adecuado	Alto	No_Deseable		
349	Adecuado	Acceptable	No_Dese	M_Obj	Optimo	Bajo	Acceptable		
350	Adecuado	Acceptable	No_Dese	M_Obj	Optimo	Medio	Acceptable		
351	Adecuado	Acceptable	No_Dese	M_Obj	Optimo	Alto	No_Deseable		
352	Adecuado	Acceptable	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Bajo	No_Deseable		
353	Adecuado	Acceptable	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Medio	No_Deseable		
354	Adecuado	Acceptable	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Alto	Inacceptable		
355	Adecuado	Acceptable	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Bajo	No_Deseable		
356	Adecuado	Acceptable	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Medio	No_Deseable		
357	Adecuado	Acceptable	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Alto	No_Deseable		
358	Adecuado	Acceptable	Acceptable	No_Adec	Optimo	Bajo	Acceptable		
359	Adecuado	Acceptable	Acceptable	No_Adec	Optimo	Medio	No_Deseable		
Salida: APR_R Salida: APR_R Salida: APR_R									
ENTONCES ENTONCES ENTONCES									

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD			
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R							
SI							
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		
3360 Adecuado	Aceptable	Aceptable	No_Adec	Optimo	Alto	No Deseable	
3361 Adecuado	Aceptable	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Bajo	No Deseable	
3362 Adecuado	Aceptable	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Medio	No Deseable	
3363 Adecuado	Aceptable	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Alto	No Deseable	
3364 Adecuado	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Bajo	Aceptable	
3365 Adecuado	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Medio	No Deseable	
3366 Adecuado	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Alto	No Deseable	
3367 Adecuado	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Optimo	Bajo	Aceptable	
3368 Adecuado	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Optimo	Medio	Aceptable	
3369 Adecuado	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Optimo	Alto	No Deseable	
3370 Adecuado	Aceptable	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Bajo	Aceptable	
3371 Adecuado	Aceptable	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Medio	No Deseable	
3372 Adecuado	Aceptable	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Alto	No Deseable	
3373 Adecuado	Aceptable	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Bajo	Aceptable	
3374 Adecuado	Aceptable	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Medio	Aceptable	
3375 Adecuado	Aceptable	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Alto	No Deseable	
3376 Adecuado	Aceptable	Aceptable	M_Obje	Optimo	Bajo	Aceptable	

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R							
SI							
PLAZO		COSTE		CALIDAD			
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		
377 Adecuado	Aceptable	Aceptable	M_Obje	Optimo	Medio	Aceptable	
378 Adecuado	Aceptable	Aceptable	M_Obje	Optimo	Alto	Aceptable	
379 Adecuado	Aceptable	Optima	No_Adec	No_Adec	Bajo	No Deseable	
380 Adecuado	Aceptable	Optima	No_Adec	No_Adec	Medio	No Deseable	
381 Adecuado	Aceptable	Optima	No_Adec	No_Adec	Alto	No Deseable	
382 Adecuado	Aceptable	Optima	No_Adec	Adecuado	Bajo	Aceptable	
383 Adecuado	Aceptable	Optima	No_Adec	Adecuado	Medio	No Deseable	
384 Adecuado	Aceptable	Optima	No_Adec	Adecuado	Alto	No Deseable	
385 Adecuado	Aceptable	Optima	No_Adec	Optimo	Bajo	Aceptable	
386 Adecuado	Aceptable	Optima	No_Adec	Optimo	Medio	Aceptable	
387 Adecuado	Aceptable	Optima	No_Adec	Optimo	Alto	No Deseable	
388 Adecuado	Aceptable	Optima	Adecuado	No_Adec	Bajo	Aceptable	
389 Adecuado	Aceptable	Optima	Adecuado	No_Adec	Medio	No Deseable	
390 Adecuado	Aceptable	Optima	Adecuado	No_Adec	Alto	No Deseable	
391 Adecuado	Aceptable	Optima	Adecuado	Adecuado	Bajo	Aceptable	
392 Adecuado	Aceptable	Optima	Adecuado	Adecuado	Medio	Aceptable	
393 Adecuado	Aceptable	Optima	Adecuado	Adecuado	Alto	No Deseable	

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

SI							
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R							
PLAZO		COSTE		CALIDAD			
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		
394 Adecuado	Aceptable	Optima	Adecuado	Optimo	Bajo	Aceptable	
395 Adecuado	Aceptable	Optima	Adecuado	Optimo	Medio	Aceptable	
396 Adecuado	Aceptable	Optima	Adecuado	Optimo	Alto	Aceptable	
397 Adecuado	Aceptable	Optima	M_Objeto	No_Adec	Bajo	Aceptable	
398 Adecuado	Aceptable	Optima	M_Objeto	No_Adec	Medio	Aceptable	
399 Adecuado	Aceptable	Optima	M_Objeto	No_Adec	Alto	No Deseable	
400 Adecuado	Aceptable	Optima	M_Objeto	Adecuado	Bajo	Aceptable	
401 Adecuado	Aceptable	Optima	M_Objeto	Adecuado	Medio	Aceptable	
402 Adecuado	Aceptable	Optima	M_Objeto	Adecuado	Alto	Aceptable	
403 Adecuado	Aceptable	Optima	M_Objeto	Optimo	Bajo	Aceptable	
404 Adecuado	Aceptable	Optima	M_Objeto	Optimo	Medio	Aceptable	
405 Adecuado	Aceptable	Optima	M_Objeto	Optimo	Alto	Aceptable	
406 Adecuado	Optima	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Bajo	No Deseable	
407 Adecuado	Optima	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Medio	No Deseable	
408 Adecuado	Optima	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Alto	Inaceptable	
409 Adecuado	Optima	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Bajo	No Deseable	
410 Adecuado	Optima	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Medio	No Deseable	

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
SI									
PLAZO COSTE CALIDAD									
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo				
411 Adecuado	Optima	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Alto	No_Deseable			
412 Adecuado	Optima	No_Dese	No_Adec	Optimo	Bajo	Acceptable			
413 Adecuado	Optima	No_Dese	No_Adec	Optimo	Medio	No_Deseable			
414 Adecuado	Optima	No_Dese	No_Adec	Optimo	Alto	No_Deseable			
415 Adecuado	Optima	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Bajo	No_Deseable			
416 Adecuado	Optima	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Medio	No_Deseable			
417 Adecuado	Optima	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Alto	No_Deseable			
418 Adecuado	Optima	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Bajo	Acceptable			
419 Adecuado	Optima	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Medio	No_Deseable			
420 Adecuado	Optima	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Alto	No_Deseable			
421 Adecuado	Optima	No_Dese	Adecuado	Optimo	Bajo	Acceptable			
422 Adecuado	Optima	No_Dese	Adecuado	Optimo	Medio	Acceptable			
423 Adecuado	Optima	No_Dese	Adecuado	Optimo	Alto	No_Deseable			
424 Adecuado	Optima	No_Dese	M_Objeto	No_Adec	Bajo	Acceptable			
425 Adecuado	Optima	No_Dese	M_Objeto	No_Adec	Medio	No_Deseable			
426 Adecuado	Optima	No_Dese	M_Objeto	No_Adec	Alto	No_Deseable			
427 Adecuado	Optima	No_Dese	M_Objeto	Adecuado	Bajo	Acceptable			

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
SI									
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	PLAZO	COSTE	CALIDAD	
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo				
428 Adecuado	Optima	No_Dese	M_Objeto	Adecuado	Medio				
429 Adecuado	Optima	No_Dese	M_Objeto	Adecuado	Alto				
430 Adecuado	Optima	No_Dese	M_Objeto	Optimo	Bajo				
431 Adecuado	Optima	No_Dese	M_Objeto	Optimo	Medio				
432 Adecuado	Optima	No_Dese	M_Objeto	Optimo	Alto				
433 Adecuado	Optima	Aceptable	No_Adec	No_Adec	Bajo				
434 Adecuado	Optima	Aceptable	No_Adec	No_Adec	Medio				
435 Adecuado	Optima	Aceptable	No_Adec	No_Adec	Alto				
436 Adecuado	Optima	Aceptable	No_Adec	Adecuado	Bajo				
437 Adecuado	Optima	Aceptable	No_Adec	Adecuado	Medio				
438 Adecuado	Optima	Aceptable	No_Adec	Adecuado	Alto				
439 Adecuado	Optima	Aceptable	No_Adec	Optimo	Bajo				
440 Adecuado	Optima	Aceptable	No_Adec	Optimo	Medio				
441 Adecuado	Optima	Aceptable	No_Adec	Optimo	Alto				
442 Adecuado	Optima	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Bajo				
443 Adecuado	Optima	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Medio				
444 Adecuado	Optima	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Alto				

SI									
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
SI									
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	PLAZO	COSTE	CALIDAD	
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo				
445 Adecuado	Optima	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Bajo	Aceptable			
446 Adecuado	Optima	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Medio	Aceptable			
447 Adecuado	Optima	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Alto	No Deseable			
448 Adecuado	Optima	Aceptable	Adecuado	Optimo	Bajo	Aceptable			
449 Adecuado	Optima	Aceptable	Adecuado	Optimo	Medio	Aceptable			
450 Adecuado	Optima	Aceptable	Adecuado	Optimo	Alto	Aceptable			
451 Adecuado	Optima	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Bajo	Aceptable			
452 Adecuado	Optima	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Medio	Aceptable			
453 Adecuado	Optima	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Alto	No Deseable			
454 Adecuado	Optima	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Bajo	Aceptable			
455 Adecuado	Optima	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Medio	Aceptable			
456 Adecuado	Optima	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Alto	Aceptable			
457 Adecuado	Optima	Aceptable	M_Obje	Optimo	Bajo	Aceptable			
458 Adecuado	Optima	Aceptable	M_Obje	Optimo	Medio	Aceptable			
459 Adecuado	Optima	Aceptable	M_Obje	Optimo	Alto	Aceptable			
460 Adecuado	Optima	Optima	No_Adec	No_Adec	Bajo	Aceptable			
461 Adecuado	Optima	Optima	No_Adec	No_Adec	Medio	No Deseable			

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

SI									
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
PLAZO		COSTE		CALIDAD					
Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R
ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo				
462 Adecuado	Optima	Optima	No_Adec	No_Adec	Alto	No Deseable			
463 Adecuado	Optima	Optima	No_Adec	Adecuado	Bajo	Aceptable			
464 Adecuado	Optima	Optima	No_Adec	Adecuado	Medio	Aceptable			
465 Adecuado	Optima	Optima	No_Adec	Adecuado	Alto	No Deseable			
466 Adecuado	Optima	Optima	No_Adec	Optimo	Bajo	Aceptable			
467 Adecuado	Optima	Optima	No_Adec	Optimo	Medio	Aceptable			
468 Adecuado	Optima	Optima	No_Adec	Optimo	Alto	Aceptable			
469 Adecuado	Optima	Optima	Adecuado	No_Adec	Bajo	Aceptable			
470 Adecuado	Optima	Optima	Adecuado	No_Adec	Medio	Aceptable			
471 Adecuado	Optima	Optima	Adecuado	No_Adec	Alto	No Deseable			
472 Adecuado	Optima	Optima	Adecuado	Adecuado	Bajo	Aceptable			
473 Adecuado	Optima	Optima	Adecuado	Adecuado	Medio	Aceptable			
474 Adecuado	Optima	Optima	Adecuado	Adecuado	Alto	Aceptable			
475 Adecuado	Optima	Optima	Adecuado	Optimo	Bajo	Aceptable			
476 Adecuado	Optima	Optima	Adecuado	Optimo	Medio	Aceptable			
477 Adecuado	Optima	Optima	Adecuado	Optimo	Alto	Aceptable			
478 Adecuado	Optima	Optima	M Obje	No_Adec	Bajo	Aceptable			

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R										PLAZO		COSTE		CALIDAD	
SI										Salida: APR_R		Salida: APR_R		Salida: APR_R	
										ENTONCES		ENTONCES		ENTONCES	
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo										
479 Adecuado	Optima	Optima	M_Obje	No_Adec	Medio										
480 Adecuado	Optima	Optima	M_Obje	No_Adec	Alto										
481 Adecuado	Optima	Optima	M_Obje	Adecuado	Bajo										
482 Adecuado	Optima	Optima	M_Obje	Adecuado	Medio										
483 Adecuado	Optima	Optima	M_Obje	Adecuado	Alto										
484 Adecuado	Optima	Optima	M_Obje	Optimo	Bajo										
485 Adecuado	Optima	Optima	M_Obje	Optimo	Medio										
486 Adecuado	Optima	Optima	M_Obje	Optimo	Alto										
487 M_Obje	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Bajo										
488 M_Obje	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Medio										
489 M_Obje	No_Dese	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Alto										
490 M_Obje	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Bajo										
491 M_Obje	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Medio										
492 M_Obje	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Alto										
493 M_Obje	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Optimo	Bajo										
494 M_Obje	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Optimo	Medio										
495 M_Obje	No_Dese	No_Dese	No_Adec	Optimo	Alto										

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
SI									
Salida: APR_R									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									
ENTONCES									

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
SI									
PLAZO COSTE CALIDAD									
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo				
513 M_Obje	No_Dese	No_Dese	M_Obje	Optimo	Alto	Inaceptable			
514 M_Obje	No_Dese	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Bajo	No_Deseable			
515 M_Obje	No_Dese	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Medio	No_Deseable			
516 M_Obje	No_Dese	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Alta	Inaceptable			
517 M_Obje	No_Dese	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Bajo	No_Deseable			
518 M_Obje	No_Dese	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Medio	No_Deseable			
519 M_Obje	No_Dese	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Alto	No_Deseable			
520 M_Obje	No_Dese	Acceptable	No_Adec	Optimo	Bajo	Acceptable			
521 M_Obje	No_Dese	Acceptable	No_Adec	Optimo	Medio	No_Deseable			
522 M_Obje	No_Dese	Acceptable	No_Adec	Optimo	Alto	No_Deseable			
523 M_Obje	No_Dese	Acceptable	Adecuado	No_Adec	Bajo	No_Deseable			
524 M_Obje	No_Dese	Acceptable	Adecuado	No_Adec	Medio	No_Deseable			
525 M_Obje	No_Dese	Acceptable	Adecuado	No_Adec	Alto	No_Deseable			
526 M_Obje	No_Dese	Acceptable	Adecuado	Adecuado	Bajo	Acceptable			
527 M_Obje	No_Dese	Acceptable	Adecuado	Adecuado	Medio	No_Deseable			
528 M_Obje	No_Dese	Acceptable	Adecuado	Adecuado	Alto	No_Deseable			
529 M_Obje	No_Dese	Acceptable	Adecuado	Optimo	Bajo	Acceptable			
Salida: APR_R Salida: APR_R Salida: APR_R									
ENTONCES ENTONCES ENTONCES									

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R							
SI							
PLAZO		COSTE		CALIDAD			
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		
530 M_Obje	No_Dese	Acceptable	Adecuado	Optimo	Medio	Acceptable	
531 M_Obje	No_Dese	Acceptable	Adecuado	Optimo	Alto	No_Deseable	
532 M_Obje	No_Dese	Acceptable	M_Obje	No_Adec	Bajo	Acceptable	
533 M_Obje	No_Dese	Acceptable	M_Obje	No_Adec	Medio	No_Deseable	
534 M_Obje	No_Dese	Acceptable	M_Obje	No_Adec	Alto	No_Deseable	
535 M_Obje	No_Dese	Acceptable	M_Obje	Adecuado	Bajo	Acceptable	
536 M_Obje	No_Dese	Acceptable	M_Obje	Adecuado	Medio	Acceptable	
537 M_Obje	No_Dese	Acceptable	M_Obje	Adecuado	Alto	Acceptable	
538 M_Obje	No_Dese	Acceptable	M_Obje	Optimo	Bajo	Acceptable	
539 M_Obje	No_Dese	Acceptable	M_Obje	Optimo	Medio	Acceptable	
540 M_Obje	No_Dese	Acceptable	M_Obje	Optimo	Alto	Acceptable	
541 M_Obje	No_Dese	Optima	No_Adec	No_Adec	Bajo	No_Deseable	
542 M_Obje	No_Dese	Optima	No_Adec	No_Adec	Medio	No_Deseable	
543 M_Obje	No_Dese	Optima	No_Adec	No_Adec	Alto	No_Deseable	
544 M_Obje	No_Dese	Optima	No_Adec	Adecuado	Bajo	Acceptable	
545 M_Obje	No_Dese	Optima	No_Adec	Adecuado	Medio	No_Deseable	
546 M_Obje	No_Dese	Optima	No_Adec	Adecuado	Alto	No_Deseable	

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R		Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R
SI		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES

APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		
547 M_ Objeto	No_Dese	Optima	No_Adec	Optimo	Bajo	Acceptable	
548 M_ Objeto	No_Dese	Optima	No_Adec	Optimo	Medio	Acceptable	
549 M_ Objeto	No_Dese	Optima	No_Adec	Optimo	Alto	No_Deseable	
550 M_ Objeto	No_Dese	Optima	Adecuado	No_Adec	Bajo	Acceptable	
551 M_ Objeto	No_Dese	Optima	Adecuado	No_Adec	Medio	No_Deseable	
552 M_ Objeto	No_Dese	Optima	Adecuado	No_Adec	Alto	No_Deseable	
553 M_ Objeto	No_Dese	Optima	Adecuado	Adecuado	Bajo	Acceptable	
554 M_ Objeto	No_Dese	Optima	Adecuado	Adecuado	Medio	Acceptable	
555 M_ Objeto	No_Dese	Optima	Adecuado	Adecuado	Alto	No_Deseable	
556 M_ Objeto	No_Dese	Optima	Adecuado	Optimo	Bajo	Acceptable	
557 M_ Objeto	No_Dese	Optima	Adecuado	Optimo	Medio	Acceptable	
558 M_ Objeto	No_Dese	Optima	Adecuado	Optimo	Alto	Acceptable	
559 M_ Objeto	No_Dese	Optima	M_ Objeto	No_Adec	Bajo	Acceptable	
560 M_ Objeto	No_Dese	Optima	M_ Objeto	No_Adec	Medio	Acceptable	
561 M_ Objeto	No_Dese	Optima	M_ Objeto	No_Adec	Alto	No_Deseable	
562 M_ Objeto	No_Dese	Optima	M_ Objeto	Adecuado	Bajo	Acceptable	
563 M_ Objeto	No_Dese	Optima	M_ Objeto	Adecuado	Medio	Acceptable	

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
SI									
PLAZO COSTE CALIDAD									
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo				
564 M_ Objeto	No_Dese	Optima	M_ Objeto	Adecuado	Alto	Acceptable			
565 M_ Objeto	No_Dese	Optima	M_ Objeto	Optimo	Bajo	Acceptable			
566 M_ Objeto	No_Dese	Optima	M_ Objeto	Optimo	Medio	Acceptable			
567 M_ Objeto	No_Dese	Optima	M_ Objeto	Optimo	Alto	Acceptable			
568 M_ Objeto	Acceptable	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Bajo	No_Deseable			
569 M_ Objeto	Acceptable	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Medio	No_Deseable			
570 M_ Objeto	Acceptable	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Alto	Inacceptable			
571 M_ Objeto	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Bajo	No_Deseable			
572 M_ Objeto	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Medio	No_Deseable			
573 M_ Objeto	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Alto	No_Deseable			
574 M_ Objeto	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Optimo	Bajo	Acceptable			
575 M_ Objeto	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Optimo	Medio	No_Deseable			
576 M_ Objeto	Acceptable	No_Dese	No_Adec	Optimo	Alto	No_Deseable			
577 M_ Objeto	Acceptable	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Bajo	No_Deseable			
578 M_ Objeto	Acceptable	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Medio	No_Deseable			
579 M_ Objeto	Acceptable	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Alto	No_Deseable			
580 M_ Objeto	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Bajo	Acceptable			
Salida: APR_R Salida: APR_R Salida: APR_R									
ENTONCES ENTONCES ENTONCES									

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R								PLAZO	COSTE	CALIDAD
SI								Salida: APR_R	Salida: APR_R	Salida: APR_R
								ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV	
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo					
581 M_Obje	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Medio	No_Deseable				
582 M_Obje	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Alto	No_Deseable				
583 M_Obje	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Optimo	Bajo	Acceptable				
584 M_Obje	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Optimo	Medio	Acceptable				
585 M_Obje	Acceptable	No_Dese	Adecuado	Optimo	Alto	No_Deseable				
586 M_Obje	Acceptable	No_Dese	M_Obje	No_Adec	Bajo	Acceptable				
587 M_Obje	Acceptable	No_Dese	M_Obje	No_Adec	Medio	No_Deseable				
588 M_Obje	Acceptable	No_Dese	M_Obje	No_Adec	Alto	No_Deseable				
589 M_Obje	Acceptable	No_Dese	M_Obje	Adecuado	Bajo	Acceptable				
590 M_Obje	Acceptable	No_Dese	M_Obje	Adecuado	Medio	Acceptable				
591 M_Obje	Acceptable	No_Dese	M_Obje	Adecuado	Alto	No_Deseable				
592 M_Obje	Acceptable	No_Dese	M_Obje	Optimo	Bajo	Acceptable				
593 M_Obje	Acceptable	No_Dese	M_Obje	Optimo	Medio	Acceptable				
594 M_Obje	Acceptable	No_Dese	M_Obje	Optimo	Alto	Acceptable				
595 M_Obje	Acceptable	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Bajo	No_Deseable				
596 M_Obje	Acceptable	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Medio	No_Deseable				
597 M_Obje	Acceptable	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Alto	No_Deseable				

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R
SI Salida: APR_R Salida: APR_R Salida: APR_R
ENTONCES ENTONCES ENTONCES

APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	COSTE	CALIDAD
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo			
598 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	No_Adec	Adecuado	Bajo	Aceptable		
599 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	No_Adec	Adecuado	Medio	No Deseable		
600 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	No_Adec	Adecuado	Alto	No Deseable		
601 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	No_Adec	Optimo	Bajo	Aceptable		
602 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	No_Adec	Optimo	Medio	Aceptable		
603 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	No_Adec	Optimo	Alto	No Deseable		
604 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Bajo	Aceptable		
605 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Medio	No Deseable		
606 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Alto	No Deseable		
607 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Bajo	Aceptable		
608 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Medio	Aceptable		
609 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Alto	No Deseable		
610 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Optimo	Bajo	Aceptable		
611 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Optimo	Medio	Aceptable		
612 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	Adecuado	Optimo	Alto	Aceptable		
613 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	M_ Obje	No_Adec	Bajo	Aceptable		
614 M_ Obje	Aceptable	Aceptable	M_ Obje	No_Adec	Medio	Aceptable		

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R							
SI							
PLAZO		COSTE		CALIDAD			
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		
615 M_ Obj	Aceptable	Aceptable	M_ Obj	No_Adec	Alto	No Deseable	
616 M_ Obj	Aceptable	Aceptable	M_ Obj	Adecuado	Bajo	Aceptable	
617 M_ Obj	Aceptable	Aceptable	M_ Obj	Adecuado	Medio	Aceptable	
618 M_ Obj	Aceptable	Aceptable	M_ Obj	Adecuado	Alto	Aceptable	
619 M_ Obj	Aceptable	Aceptable	M_ Obj	Optimo	Bajo	Aceptable	
620 M_ Obj	Aceptable	Aceptable	M_ Obj	Optimo	Medio	Aceptable	
621 M_ Obj	Aceptable	Aceptable	M_ Obj	Optimo	Alto	Aceptable	
622 M_ Obj	Aceptable	Optima	No_Adec	No_Adec	Bajo	Aceptable	
623 M_ Obj	Aceptable	Optima	No_Adec	No_Adec	Medio	No Deseable	
624 M_ Obj	Aceptable	Optima	No_Adec	No_Adec	Alto	No Deseable	
625 M_ Obj	Aceptable	Optima	No_Adec	Adecuado	Bajo	Aceptable	
626 M_ Obj	Aceptable	Optima	No_Adec	Adecuado	Medio	Aceptable	
627 M_ Obj	Aceptable	Optima	No_Adec	Adecuado	Alto	No Deseable	
628 M_ Obj	Aceptable	Optima	No_Adec	Optimo	Bajo	Aceptable	
629 M_ Obj	Aceptable	Optima	No_Adec	Optimo	Medio	Aceptable	
630 M_ Obj	Aceptable	Optima	No_Adec	Optimo	Alto	Aceptable	
631 M_ Obj	Aceptable	Optima	Adecuado	No_Adec	Bajo	Aceptable	

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
SI									
PLAZO COSTE CALIDAD									
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo				
632 M_ Objeto	Aceptable	Optima	Adecuado	No_Adec	Medio	Aceptable			
633 M_ Objeto	Aceptable	Optima	Adecuado	No_Adec	Alto	No_Deseable			
634 M_ Objeto	Aceptable	Optima	Adecuado	Adecuado	Bajo	Aceptable			
635 M_ Objeto	Aceptable	Optima	Adecuado	Adecuado	Medio	Aceptable			
636 M_ Objeto	Aceptable	Optima	Adecuado	Adecuado	Alto	Aceptable			
637 M_ Objeto	Aceptable	Optima	Adecuado	Optimo	Bajo	Aceptable			
638 M_ Objeto	Aceptable	Optima	Adecuado	Optimo	Medio	Aceptable			
639 M_ Objeto	Aceptable	Optima	Adecuado	Optimo	Alto	Aceptable			
640 M_ Objeto	Aceptable	Optima	M_ Objeto	No_Adec	Bajo	Aceptable			
641 M_ Objeto	Aceptable	Optima	M_ Objeto	No_Adec	Medio	Aceptable			
642 M_ Objeto	Aceptable	Optima	M_ Objeto	No_Adec	Alto	Aceptable			
643 M_ Objeto	Aceptable	Optima	M_ Objeto	Adecuado	Bajo	Aceptable			
644 M_ Objeto	Aceptable	Optima	M_ Objeto	Adecuado	Medio	Aceptable			
645 M_ Objeto	Aceptable	Optima	M_ Objeto	Adecuado	Alto	Aceptable			
646 M_ Objeto	Aceptable	Optima	M_ Objeto	Optimo	Bajo	Aceptable			
647 M_ Objeto	Aceptable	Optima	M_ Objeto	Optimo	Medio	Aceptable			
648 M_ Objeto	Aceptable	Optima	M_ Objeto	Optimo	Alto	Aceptable			
Salida: APR_R Salida: APR_R Salida: APR_R Salida: APR_R									
ENTONCES ENTONCES ENTONCES ENTONCES									

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

		PLAZO	COSTE	CALIDAD			
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R							
SI							
ENTONCES							
ENTONCES							
ENTONCES							
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		
649 M_ Objeto	Optima	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Bajo	No_Deseable	
650 M_ Objeto	Optima	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Medio	No_Deseable	
651 M_ Objeto	Optima	No_Dese	No_Adec	No_Adec	Alto	No_Deseable	
652 M_ Objeto	Optima	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Bajo	Aceptable	
653 M_ Objeto	Optima	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Medio	No_Deseable	
654 M_ Objeto	Optima	No_Dese	No_Adec	Adecuado	Alto	No_Deseable	
655 M_ Objeto	Optima	No_Dese	No_Adec	Optimo	Bajo	Aceptable	
656 M_ Objeto	Optima	No_Dese	No_Adec	Optimo	Medio	Aceptable	
657 M_ Objeto	Optima	No_Dese	No_Adec	Optimo	Alto	No_Deseable	
658 M_ Objeto	Optima	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Bajo	Aceptable	
659 M_ Objeto	Optima	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Medio	No_Deseable	
660 M_ Objeto	Optima	No_Dese	Adecuado	No_Adec	Alto	No_Deseable	
661 M_ Objeto	Optima	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Bajo	Aceptable	
662 M_ Objeto	Optima	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Medio	Aceptable	
663 M_ Objeto	Optima	No_Dese	Adecuado	Adecuado	Alto	No_Deseable	
664 M_ Objeto	Optima	No_Dese	Adecuado	Optimo	Bajo	Aceptable	
665 M_ Objeto	Optima	No_Dese	Adecuado	Optimo	Medio	Aceptable	

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
SI									
PLAZO COSTE CALIDAD									
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo				
666 M_ Objeto	Optima	No_Dese	Adecuado	Optimo	Alto	Acceptable			
667 M_ Objeto	Optima	No_Dese	M_ Objeto	No_Adec	Bajo	Acceptable			
668 M_ Objeto	Optima	No_Dese	M_ Objeto	No_Adec	Medio	Acceptable			
669 M_ Objeto	Optima	No_Dese	M_ Objeto	No_Adec	Alto	No_Deseable			
670 M_ Objeto	Optima	No_Dese	M_ Objeto	Adecuado	Bajo	Acceptable			
671 M_ Objeto	Optima	No_Dese	M_ Objeto	Adecuado	Medio	Acceptable			
672 M_ Objeto	Optima	No_Dese	M_ Objeto	Adecuado	Alto	Acceptable			
673 M_ Objeto	Optima	No_Dese	M_ Objeto	Optimo	Bajo	Acceptable			
674 M_ Objeto	Optima	No_Dese	M_ Objeto	Optimo	Medio	Acceptable			
675 M_ Objeto	Optima	No_Dese	M_ Objeto	Optimo	Alto	Acceptable			
676 M_ Objeto	Optima	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Bajo	Acceptable			
677 M_ Objeto	Optima	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Medio	No_Deseable			
678 M_ Objeto	Optima	Acceptable	No_Adec	No_Adec	Alto	No_Deseable			
679 M_ Objeto	Optima	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Bajo	Acceptable			
680 M_ Objeto	Optima	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Medio	Acceptable			
681 M_ Objeto	Optima	Acceptable	No_Adec	Adecuado	Alto	No_Deseable			
682 M_ Objeto	Optima	Acceptable	No_Adec	Optimo	Bajo	Acceptable			

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R							
SI							
PLAZO		COSTE		CALIDAD			
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	APR_EV
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		
683 M_Obje	Optima	Aceptable	No_Adec	Optimo	Medio	Aceptable	
684 M_Obje	Optima	Aceptable	No_Adec	Optimo	Alto	Aceptable	
685 M_Obje	Optima	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Bajo	Aceptable	
686 M_Obje	Optima	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Medio	Aceptable	
687 M_Obje	Optima	Aceptable	Adecuado	No_Adec	Alto	No Deseable	
688 M_Obje	Optima	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Bajo	Aceptable	
689 M_Obje	Optima	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Medio	Aceptable	
690 M_Obje	Optima	Aceptable	Adecuado	Adecuado	Alto	Aceptable	
691 M_Obje	Optima	Aceptable	Adecuado	Optimo	Bajo	Aceptable	
692 M_Obje	Optima	Aceptable	Adecuado	Optimo	Medio	Aceptable	
693 M_Obje	Optima	Aceptable	Adecuado	Optimo	Alto	Aceptable	
694 M_Obje	Optima	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Bajo	Aceptable	
695 M_Obje	Optima	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Medio	Aceptable	
696 M_Obje	Optima	Aceptable	M_Obje	No_Adec	Alto	Aceptable	
697 M_Obje	Optima	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Bajo	Aceptable	
698 M_Obje	Optima	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Medio	Aceptable	
699 M_Obje	Optima	Aceptable	M_Obje	Adecuado	Alto	Aceptable	

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

Política									
Continuación del Bloque RB_EV.									
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
SI									
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	COSTE	PLAZO	CALIDAD
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		Salida: APR_R ENTONCES	Salida: APR_R ENTONCES	Salida: APR_R ENTONCES
700 M_Obje	Optima	Aceptable	M_Obje	Optimo	Bajo	Aceptable			
701 M_Obje	Optima	Aceptable	M_Obje	Optimo	Medio	Aceptable			
702 M_Obje	Optima	Aceptable	M_Obje	Optimo	Alto	Aceptable			
703 M_Obje	Optima	Optima	No_Adec	No_Adec	Bajo	Aceptable			
704 M_Obje	Optima	Optima	No_Adec	No_Adec	Medio	Aceptable			
705 M_Obje	Optima	Optima	No_Adec	No_Adec	Alto	No Descable			
706 M_Obje	Optima	Optima	No_Adec	Adecuado	Bajo	Aceptable			
707 M_Obje	Optima	Optima	No_Adec	Adecuado	Medio	Aceptable			
708 M_Obje	Optima	Optima	No_Adec	Adecuado	Alto	Aceptable			
709 M_Obje	Optima	Optima	No_Adec	Optimo	Bajo	Optima			
710 M_Obje	Optima	Optima	No_Adec	Optimo	Medio	Aceptable			
711 M_Obje	Optima	Optima	No_Adec	Optimo	Alto	Aceptable			
712 M_Obje	Optima	Optima	Adecuado	No_Adec	Bajo	Aceptable			
713 M_Obje	Optima	Optima	Adecuado	No_Adec	Medio	Aceptable			
714 M_Obje	Optima	Optima	Adecuado	No_Adec	Alto	Aceptable			
715 M_Obje	Optima	Optima	Adecuado	Adecuado	Bajo	Optima			
716 M_Obje	Optima	Optima	Adecuado	Adecuado	Medio	Aceptable			

Continuación del Bloque RB_EV.

Política

SI									
Entradas: APR_C, APR_CG, APR_CT, APR_P, APR_Q, APR_R									
APR_C	APR_CG	APR_CT	APR_P	APR_Q	APR_R	APR_EV	COSTE	CALIDAD	Salida: APR_R
Coste	Capacidad G.	Capa. Tec.	Plazo	Calidad	Riesgo		ENTONCES	ENTONCES	ENTONCES
717 M_Obje	Optima	Optima	Adecuado	Adecuado	Alto		Aceptable		
718 M_Obje	Optima	Optima	Adecuado	Optimo	Bajo		Optima		
719 M_Obje	Optima	Optima	Adecuado	Optimo	Medio		Optima		
720 M_Obje	Optima	Optima	Adecuado	Optimo	Alto		Aceptable		
721 M_Obje	Optima	Optima	M_Obje	No_Adec	Bajo		Optima		
722 M_Obje	Optima	Optima	M_Obje	No_Adec	Medio		Aceptable		
723 M_Obje	Optima	Optima	M_Obje	No_Adec	Alto		Aceptable		
724 M_Obje	Optima	Optima	M_Obje	Adecuado	Bajo		Optima		
725 M_Obje	Optima	Optima	M_Obje	Adecuado	Medio		Optima		
726 M_Obje	Optima	Optima	M_Obje	Adecuado	Alto		Aceptable		
727 M_Obje	Optima	Optima	M_Obje	Optimo	Bajo		Optima		
728 M_Obje	Optima	Optima	M_Obje	Optimo	Medio		Optima		
729 M_Obje	Optima	Optima	M_Obje	Optimo	Alto		Optima		

ANEXO III.

CÓDIGO FUENTE DE LA UNIDAD PRINCIPAL.

Contenido:

1. Introducción.
2. El código fuente.

1. INTRODUCCIÓN.

El código que se muestra a continuación es el que corresponde a la unidades principales en las que se implementa la solución descrita en capítulos anteriores. Existe código adicional de otra unidad que no se ha incluido por brevedad y porque no incluye información transcendente para la aplicación si no sentencias de funcionamiento rutinarias de gestión de pantallas y procesos típicos en cualquier aplicación que se ejecute en entornos gráficos.

2. EL CÓDIGO FUENTE.

unit UPrincipal;

interface

uses

*Windows, Messages, SysUtils, Classes, Graphics, Controls, Forms, Dialogs,
StdCtrls, RXSpin, ExtCtrls, ftrun32, rmBaseEdit, rmSpin, Placemnt, Menus, shellapi,
ComCtrls, Printers, Gauges;*

type

TPantallaPrincipal = class(TForm)

Panel1: TPanel;

GroupBox2: TGroupBox;

Label3: TLabel;

GroupBox3: TGroupBox;

Panel2: TPanel;

GroupBox5: TGroupBox;

Label9: TLabel;

Label10: TLabel;

chbAPR03Bajo: TCheckBox;

chbAPR03Medio: TCheckBox;

chbAPR03Alto: TCheckBox;

xseAPR02_01: TrmFloatSpinEdit;

xseAPR02_02: TrmFloatSpinEdit;

xseAPR02_03: TrmFloatSpinEdit;

Menu: TMainMenu;

Archivos1: TMenuItem;

Ayuda1: TMenuItem;

Nuevo: TMenuItem;

GuardarComo: TMenuItem;

Guardar: TMenuItem;

N1: TMenuItem;

Salir: TMenuItem;

Acercade: TMenuItem;

Storage: TFormStorage;

Cargarfichero: TMenuItem;

OpenDialog: TOpenDialog;

Panel3: TPanel;

Label51: TLabel;

lblEva: TLabel;

btnEvaluar: TButton;

Label8: TLabel;

cmbPolíticas: TComboBox;

GroupBox1: TGroupBox;

xseNobras: TRxSpinEdit;

Label2: TLabel;

xseSimilitud: TrmFloatSpinEdit;

Label12: TLabel;

APR01: TLabel;

GroupBox4: TGroupBox;

Label1: TLabel;

APR04: TLabel;

xseOperariosC: TRxSpinEdit;

LabAPR_051: TLabel;

LabAPR_052: TLabel;

LabAPR_053: TLabel;

xseAPR05_01: TrmFloatSpinEdit;
xseAPR05_02: TrmFloatSpinEdit;
xseAPR05_03: TrmFloatSpinEdit;
GroupBox11: TGroupBox;
APR11: TLabel;
Label7: TLabel;
Label6: TLabel;
xseNGraves: TRxSpinEdit;
xseNMortales: TRxSpinEdit;
GroupBox6: TGroupBox;
LabAPR_061: TLabel;
LabAPR_062: TLabel;
APR06: TLabel;
xseRenovacionP5: TRxSpinEdit;
xseRenovacionPP: TRxSpinEdit;
GroupBox7: TGroupBox;
chbAPR07Optima: TCheckBox;
chbAPR07Aceptable: TCheckBox;
chbAPR07Insuficiente: TCheckBox;
GroupBox8: TGroupBox;
chbAPR08Optima: TCheckBox;
chbAPR08Adecuada: TCheckBox;
chbAPR08Inadecuada: TCheckBox;
GroupBox9: TGroupBox;
LabAPR_091: TLabel;
LabAPR_092: TLabel;
LabAPR_093: TLabel;
xseAPR09_01: TrmFloatSpinEdit;
xseAPR09_02: TrmFloatSpinEdit;
xseAPR09_03: TrmFloatSpinEdit;
GroupBox10: TGroupBox;
chbAPR10Insuficiente: TCheckBox;
chbAPR10Aceptable: TCheckBox;
chbAPR10Optima: TCheckBox;
Label4: TLabel;
xseNLeves: TRxSpinEdit;
Label5: TLabel;
xseNPersonal: TRxSpinEdit;
GroupBox13: TGroupBox;
chbAPR1301: TCheckBox;
chbAPR1302: TCheckBox;
GroupBox14: TGroupBox;
Label1401: TLabel;
Label1402: TLabel;
Label1403: TLabel;
xseAPR1401: TrmFloatSpinEdit;
xseAPR1402: TrmFloatSpinEdit;
xseAPR1403: TrmFloatSpinEdit;
GroupBox15: TGroupBox;
chbAPR1501: TCheckBox;
chbAPR1502: TCheckBox;
chbAPR1503: TCheckBox;
GroupBox16: TGroupBox;
chbAPR1601: TCheckBox;
chbAPR1602: TCheckBox;
chbAPR1603: TCheckBox;

GroupBox17: TGroupBox;
chbAPR1701: TCheckBox;
chbAPR1702: TCheckBox;
chbAPR1703: TCheckBox;
GroupBox19: TGroupBox;
Label1901: TLabel;
Label1902: TLabel;
APR19: TLabel;
xseC6Meses: TRxSpinEdit;
xseC12Meses: TRxSpinEdit;
GroupBox20: TGroupBox;
xseAPR20_01: TrmFloatSpinEdit;
Label2001: TLabel;
Label2002: TLabel;
xseAPR20_02: TrmFloatSpinEdit;
xseAPR20_03: TrmFloatSpinEdit;
Label2003: TLabel;
xseAPR20_04: TrmFloatSpinEdit;
Label2004: TLabel;
GroupBox21: TGroupBox;
Label2101: TLabel;
Label2102: TLabel;
APR21: TLabel;
xsePO: TRxSpinEdit;
xsePH: TRxSpinEdit;
GroupBox22: TGroupBox;
Label2201: TLabel;
xseCE: TRxSpinEdit;
APR22: TLabel;
Nombre: TEdit;
Bevel1: TBevel;
ProgressBar1: TProgressBar;
Imprimir1: TMenuItem;
Printer: TPrinterSetupDialog;
Obra: TEdit;
GroupBox12: TGroupBox;
chbAPR1204: TCheckBox;
chbAPR1203: TCheckBox;
chbAPR1202: TCheckBox;
chbAPR1201: TCheckBox;
GroupBox18: TGroupBox;
Label1801: TLabel;
Label1802: TLabel;
APR18: TLabel;
xse6Meses: TRxSpinEdit;
xse12Meses: TRxSpinEdit;
ProgressBar2: TProgressBar;
Label11: TLabel;
ProgressBar3: TProgressBar;
ProgressBar4: TProgressBar;
ProgressBar5: TProgressBar;
Label13: TLabel;
Label14: TLabel;
StaticText1: TStaticText;
Label15: TLabel;
StatusBar1: TStatusBar;

LabelEV2: TLabel;
LabelEV3: TLabel;
LabelEV4: TLabel;
LabelEV5: TLabel;
Aleatorio1: TMenuItem;
GenerarAleatorio: TMenuItem;
Generarautotico1: TMenuItem;
ProcesarFichero1: TMenuItem;
GeneraraleatorioBueno1: TMenuItem;
Opciones1: TMenuItem;
CG: TMenuItem;
BPN: TMenuItem;
GroupBox23: TGroupBox;
GroupBoxCG: TGroupBox;
GroupBoxCT: TGroupBox;
GroupBox26: TGroupBox;
GroupBoxR: TGroupBox;
GroupBox28: TGroupBox;
GaugeCG1: TGauge;
GaugeCG2: TGauge;
GaugeCG3: TGauge;
LabelCG1: TLabel;
LabelCG2: TLabel;
Label16: TLabel;
LabelCT1: TLabel;
LabelCT2: TLabel;
LabelCT3: TLabel;
GaugeCT1: TGauge;
GaugeCT2: TGauge;
GaugeCT3: TGauge;
GaugeP1: TGauge;
GaugeP2: TGauge;
GaugeP3: TGauge;
Label17: TLabel;
Label18: TLabel;
Label19: TLabel;
GaugeC1: TGauge;
GaugeC2: TGauge;
GaugeC3: TGauge;
Label20: TLabel;
Label21: TLabel;
Label22: TLabel;
GaugeQ1: TGauge;
GaugeQ2: TGauge;
GaugeQ3: TGauge;
Label23: TLabel;
Label24: TLabel;
Label25: TLabel;
GaugeR1: TGauge;
GaugeR2: TGauge;
GaugeR3: TGauge;
LabelR1: TLabel;
LabelR2: TLabel;
LabelR3: TLabel;
PopupMenuPanel3: TPopupMenu;
CG1: TMenuItem;

BPNI: TMenuItem;
PopupMenuP: TPopupMenu;
OcultarP: TMenuItem;
MostrarI: TMenuItem;

procedure xseAPR22Change(Sender: TObject);
procedure xseAPR21Change(Sender: TObject);
procedure xseContratacionChange(Sender: TObject);
procedure xseFacturacionChange(Sender: TObject);
procedure xseAccidentabilidadChange(Sender: TObject);
procedure xseExperienciaChange(Sender: TObject);
procedure xseControlChange(Sender: TObject);
procedure xseRenovacionChange(Sender: TObject);
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
procedure cmbPoliticassChange(Sender: TObject);
procedure btnEvaluarClick(Sender: TObject);
procedure NuevoClick(Sender: TObject);
procedure GuardarClick(Sender: TObject);
procedure GuardarComoClick(Sender: TObject);
procedure CargarficheroClick(Sender: TObject);
procedure SalirClick(Sender: TObject);
procedure AcercadeClick(Sender: TObject);
procedure ImprimirClick(Sender: TObject);
procedure FormCloseQuery(Sender: TObject; var CanClose: Boolean);
procedure GenerarAleatorioClick(Sender: TObject);
procedure GenerarAleatorioClickBuenos(Sender: TObject);
procedure CGClick(Sender: TObject);
procedure BPNClick(Sender: TObject);
procedure ProcesarFichero1Click(Sender: TObject);
procedure Generarautomatico1Click(Sender: TObject);
procedure OcultarPClick(Sender: TObject);
procedure MostrarTodoClick(Sender: TObject);

private
fzHandle: integer; { Manejador del sistema }
fzEstado: longbool; { estado del controlador fuzzy }
procedure CargaPoliticass;
procedure CargaFicheroFuzzy(nombreFichero: string);
function CambiaNombreFichero: boolean;

public
end;

var
PantallaPrincipal: TPantallaPrincipal;

implementation
uses USplash;
*{SR *.DFM}*

procedure TPantallaPrincipal.ImprimirClick(Sender: TObject);
begin
if Printer.Execute then Print;
end;


```

procedure TPantallaPrincipal.CargaPoliticar;
var FileSearch: TSearchRec;
begin
  chDir(extractfilePath(application.exename));
  FindFirst('*.*', faDirectory, FileSearch);
  cmbPoliticar.items.clear;
  repeat
    cmbPoliticar.items.add(copy(filesearch.Name, 0, pos('.', filesearch.Name) - 1))
  until FindNext(FileSearch) <> 0;
  cmbPoliticar.ItemIndex := 0;
  FindClose(FileSearch);
end;

procedure TPantallaPrincipal.CargaFicheroFuzzy(nombreFichero: string);
begin
  if fzEstado = true then ftrClose(fzHandle);
  {creamos la instancia del controlador fuzzy y cargamos la descripción del control}
  fzEstado := ftrOpen(hinstance, Pchar(nombreFichero), fzHandle);
end;

procedure TPantallaPrincipal.FormCreate(Sender: TObject);
begin
  Application.CreateForm(TfrmSplash, frmSplash);
  frmSplash.ShowModal;
  frmSplash.free;
  Storage.inifilename := extractfilePath(application.exename) + 'defecto.apr';
  CargaPoliticar;
  if cmbPoliticar.items.count > 0 then
    CargaFicheroFuzzy(extractfilePath(application.exename) + cmbPoliticar.items[0] + '.*');
end;

procedure TPantallaPrincipal.FormClose(Sender: TObject; var Action: TCloseAction);
begin
  if fzEstado = true then ftrClose(fzHandle);
  action := cafree;
end;

function TPantallaPrincipal.CambiaNombreFichero: boolean;
var nombreFichero: string;
begin
  result := false;
  nombreFichero := inputbox('Nuevo fichero', 'Introduzca el nombre del fichero', 'nombre1');
  if nombreFichero <> '' then
    begin
      Storage.IniFileName := extractfilePath(application.exename) +
        ChangeFileExt(nombreFichero, '.apr');
      result := true;
    end;
end;

procedure TPantallaPrincipal.NuevoClick(Sender: TObject);
procedure ActualizaValorComponente(componente: Tcomponent);
var i: integer;
begin
  for i := 0 to componente.ComponentCount - 1 do

```

```

begin
  if self.Components[i] is TrmFloatSpinEdit then
    TrmFloatSpinEdit(componente.Components[i]).value := 0
  else
    if self.Components[i] is TRxSpinEdit then
      TRxSpinEdit(componente.Components[i]).value := 0
    else
      if self.Components[i] is TcheckBox then
        TcheckBox(componente.Components[i]).checked := false;
        ActualizaValorComponente(componente.Components[i]);
      end;
    end;
  end;
begin
  if CambiaNombreFichero then
    begin
      ActualizaValorComponente(self);
    end;
  end;

  procedure TPantallaPrincipal.GuardarClick(Sender: TObject);
  begin
    Storage.SaveFormPlacement;
  end;

  procedure TPantallaPrincipal.GuardarComoClick(Sender: TObject);
  begin
    CambiaNombreFichero;
    Storage.SaveFormPlacement;
  end;

  procedure TPantallaPrincipal.CargarficheroClick(Sender: TObject);
  begin
    OpenFileDialog.InitialDir := extractfilePath(application.exename);
    if opendialog.execute then
      begin
        Storage.IniFileName := opendialog.filename;
        Storage.RestoreFormPlacement;
        Label51.Caption:= Nombre.Text;
        btnEvaluarClick(nil);
      end;
    end;

  procedure TPantallaPrincipal.SalirClick(Sender: TObject);
  begin
    close;
  end;

  procedure TPantallaPrincipal.AcercadeClick(Sender: TObject);
  begin
    ShellAbout(Handle,
      'Aplicación APR. Ver. 07-02',
      '© De la Cruz - Del Caño - Bendaña'+ #13 + #10 +
      'Universidad de La Coruña - Universidad de Vigo',
      Application.Icon.Handle);
  end;

```



```

procedure TPantallaPrincipal.cmbPolíticasChange(Sender: TObject);
begin
  CargaFicheroFuzzy(extractfilePath(application.exename) + cmbPolíticas.text + '.fir');
end;

{eventos de operaciones}
procedure TPantallaPrincipal.xseExperienciaChange(Sender: TObject);
begin
  APR01.caption := 'Índice de Experiencia = ' + floattostr((xseNobras.value/5)* xseSimilitud.value);
  if (xseNobras.value/5)* xseSimilitud.value <= 0.6 then APR01.Font.Color:=clRed else
  APR01.Font.Color:=clGreen;
end;

procedure TPantallaPrincipal.xseControlChange(Sender: TObject);
begin
  APR04.caption := 'Grado de adecuación = ' + FloatToStrF((xseOperariosC.value/3),ffFixed,15,2);
  if (xseOperariosC.value/3) <= 0.34 then APR04.Font.Color:=clRed else APR04.Font.Color:=clGreen;
end;

procedure TPantallaPrincipal.xseRenovacionChange(Sender: TObject);
begin
  APR06.caption := 'Índice de Renovación = ' + FloatToStrF((xseRenovacionP5.value/
xseRenovacionPP.value),ffFixed,15,2);
  if (xseRenovacionP5.value/xseRenovacionPP.value) >= 0.16 then APR06.Font.Color:=clRed else
  APR06.Font.Color:=clGreen;
end;

procedure TPantallaPrincipal.xseAccidentabilidadChange(Sender: TObject);
begin
  APR11.caption := 'Índice Accidentabilidad = ' + FloatToStrF(((xseNLeves.value/xseNPersonal.value)+
xseNGraves.value + (2 * xseNMortales.value)),ffFixed,2,2);
  if (xseNLeves.value/xseNPersonal.value)+ xseNGraves.value + (2 * xseNMortales.value) >= 3 then
  APR11.Font.Color:=clRed else APR11.Font.Color:=clGreen;
end;

procedure TPantallaPrincipal.xseFacturacionChange(Sender: TObject);
begin
  APR18.caption := 'Índice de Facturación = ' + FloatToStrF((xse6Meses.value * 2 /
xse12Meses.value),ffFixed,15,2);
  if (xse6Meses.value * 2 / xse12Meses.value) <= 1 then APR18.Font.Color:=clRed else
  APR18.Font.Color:=clGreen;
end;

procedure TPantallaPrincipal.xseContratacionChange(Sender: TObject);
begin
  APR19.caption := 'Índice de Contratación = ' + FloatToStrF((xseC6Meses.value * 2 /
xseC12Meses.value),ffFixed,15,2);
  if (xseC6Meses.value * 2 / xseC12Meses.value) <= 1 then APR19.Font.Color:=clRed else
  APR19.Font.Color:=clGreen;
end;

procedure TPantallaPrincipal.xseAPR21Change(Sender: TObject);
begin
  APR21.caption := 'Índice PH - PO = ' + FloatToStrF((xsePH.value - xsePO.value)/
xsePO.value,ffFixed,15,2);
  if (xsePH.value - xsePO.value)/xsePO.value <= -0.1 then APR21.Font.Color:=clRed else

```

```
APR21.Font.Color:=clGreen;
  if (xsePH.value - xsePO.value)/xsePO.value>=0.1 then APR21.Font.Color:=clRed else
APR21.Font.Color:=clGreen;
end;
```

```
procedure TPantallaPrincipal.xseAPR22Change(Sender: TObject);
begin
  APR22.caption := 'Índice PH - CE = ' + FloatToStrF((xsePH.value - xseCE.value)/
xseCE.value,ffFixed,15,2);
  if (xsePH.value - xseCE.value)/xseCE.value<=-0.15 then APR22.Font.Color:=clRed else
APR22.Font.Color:=clGreen;
  if (xsePH.value - xseCE.value)/xseCE.value>=0.05 then APR22.Font.Color:=clRed else
APR22.Font.Color:=clGreen;
end;
```

{-----ejecuta evaluacion fuzzy-----}

```
procedure TPantallaPrincipal.btnEvaluarClick(Sender: TObject);
var NoHitFlag: longbool;
  AAPPRR01, AAPPRR02, AAPPRR03, AAPPRR04, AAPPRR05, AAPPRR06, AAPPRR07,
  AAPPRR08, AAPPRR09, AAPPRR10, AAPPRR11, AAPPRR12, AAPPRR13, AAPPRR14,
  AAPPRR15, AAPPRR16, AAPPRR17, AAPPRR18, AAPPRR19, AAPPRR20, AAPPRR21,
  AAPPRR22, AAPPRR23, AAPPRR24, AAPPRR25, AAPPRR26, AAPPRR27, AAPPRR28,
  AAPPRR29, AAPPRR30, AAPPRR31, AAPPRR32, AAPPRR33, AAPPRR34, AAPPRR35,
  AAPPRR36, AAPPRR37, AAPPRR38, AAPPRR39, AAPPRR40, AAPPRR41, AAPPRR42,
  AAPPRR43, AAPPRR44, AAPPRR45, AAPPRR46, AAPPRR47, AAPPRR48, AAPPRR49,
  AAPPRR50, AAPPRR51,
  C1, C2, C3, CG1, CG2, CG3, CT1, CT2, CT3, P1, P2, P3, Q1, Q2, Q3, R1, R2, R3,
  Out1, Out2, Out3, Out4: double;
begin
  Label51.Caption:= Nombre.Text;
  AAPPRR02 := xseAPR02_01.value;
  AAPPRR03 := xseAPR02_02.value;
  AAPPRR04 := xseAPR02_03.value;

  AAPPRR09 := xseAPR05_01.value;
  AAPPRR10 := xseAPR05_02.value;
  AAPPRR11 := xseAPR05_03.value;

  AAPPRR19 := xseAPR09_01.value;
  AAPPRR20 := xseAPR09_02.value;
  AAPPRR21 := xseAPR09_03.value;

  AAPPRR32 := xseAPR1401.value;
  AAPPRR33 := xseAPR1402.value;
  AAPPRR34 := xseAPR1403.value;

  AAPPRR46 := xseAPR20_01.value;
  AAPPRR47 := xseAPR20_02.value;
  AAPPRR48 := xseAPR20_03.value;
  AAPPRR49 := xseAPR20_04.value;

  if chbAPR03Bajo.Checked then AAPPRR05 := 1 else AAPPRR05 := 0;
  if chbAPR03Medio.Checked then AAPPRR06 := 1 else AAPPRR06 := 0;
  if chbAPR03Alto.Checked then AAPPRR07 := 1 else AAPPRR07 := 0;
```



```

if chbAPR07Insuficiente.Checked then AAPPRR13 := 1 else AAPPRR13 := 0;
if chbAPR07Aceptable.Checked then AAPPRR14 := 1 else AAPPRR14 := 0;
if chbAPR07Optima.Checked then AAPPRR15 := 1 else AAPPRR15 := 0;

if chbAPR08Inadecuada.Checked then AAPPRR16 := 1 else AAPPRR16 := 0;
if chbAPR08Adecuada.Checked then AAPPRR17 := 1 else AAPPRR17 := 0;
if chbAPR08Optima.Checked then AAPPRR18 := 1 else AAPPRR18 := 0;

if chbAPR10Insuficiente.Checked then AAPPRR22 := 1 else AAPPRR22 := 0;
if chbAPR10Aceptable.Checked then AAPPRR23 := 1 else AAPPRR23 := 0;
if chbAPR10Optima.Checked then AAPPRR24 := 1 else AAPPRR24 := 0;

if chbAPR1201.Checked then AAPPRR26 := 1 else AAPPRR26 := 0;
if chbAPR1202.Checked then AAPPRR27 := 1 else AAPPRR27 := 0;
if chbAPR1203.Checked then AAPPRR28 := 1 else AAPPRR28 := 0;
if chbAPR1204.Checked then AAPPRR29 := 1 else AAPPRR29 := 0;

if chbAPR1301.Checked then AAPPRR30 := 1 else AAPPRR30 := 0;
if chbAPR1302.Checked then AAPPRR31 := 1 else AAPPRR31 := 0;

if chbAPR1501.Checked then AAPPRR35 := 1 else AAPPRR35 := 0;
if chbAPR1502.Checked then AAPPRR36 := 1 else AAPPRR36 := 0;
if chbAPR1503.Checked then AAPPRR37 := 1 else AAPPRR37 := 0;

if chbAPR1601.Checked then AAPPRR38 := 1 else AAPPRR38 := 0;
if chbAPR1602.Checked then AAPPRR39 := 1 else AAPPRR39 := 0;
if chbAPR1603.Checked then AAPPRR40 := 1 else AAPPRR40 := 0;

if chbAPR1701.Checked then AAPPRR41 := 1 else AAPPRR41 := 0;
if chbAPR1702.Checked then AAPPRR42 := 1 else AAPPRR42 := 0;
if chbAPR1703.Checked then AAPPRR43 := 1 else AAPPRR43 := 0;

AAPPRR01 := (xseNobras.value/5)* xseSimilitud.value ;
AAPPRR08 := (xseOperariosC.value)/3 ;
AAPPRR12 := (xseRenovacionP5.value/xseRenovacionPP.value) ;
AAPPRR25 := (xseNLeves.value/xseNPersonal.value) + xseNGraves.value + (2 * xseNMortales.value);
AAPPRR44 := (xse6Meses.value * 2 / xse12Meses.value);
AAPPRR45 := (xseC6Meses.value * 2 / xseC12Meses.value);
AAPPRR50 := ((xsePH.value - xsePO.value)/xsePO.value);
AAPPRR51 := ((xsePH.value - xseCE.value)/xseCE.value); //

if fzEstado = true then
begin
  fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 0, AAPPRR01);
  fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 1, AAPPRR02);
  fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 2, AAPPRR03);
  fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 3, AAPPRR04);
  fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 4, AAPPRR05);
  fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 5, AAPPRR06);
  fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 6, AAPPRR07);
  fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 7, AAPPRR08);
  fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 8, AAPPRR09);
  fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 9, AAPPRR10);
  fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 10, AAPPRR11);
  fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 11, AAPPRR12);
  fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 12, AAPPRR13);

```



```

fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 13, AAPPRR14);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 14, AAPPRR15);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 15, AAPPRR16);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 16, AAPPRR17);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 17, AAPPRR18);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 18, AAPPRR19);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 19, AAPPRR20);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 20, AAPPRR21);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 21, AAPPRR22);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 22, AAPPRR23);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 23, AAPPRR24);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 24, AAPPRR25);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 25, AAPPRR26);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 26, AAPPRR27);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 27, AAPPRR28);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 28, AAPPRR29);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 29, AAPPRR30);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 30, AAPPRR31);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 31, AAPPRR32);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 32, AAPPRR33);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 33, AAPPRR34);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 34, AAPPRR35);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 35, AAPPRR36);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 36, AAPPRR37);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 37, AAPPRR38);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 38, AAPPRR39);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 39, AAPPRR40);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 40, AAPPRR41);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 41, AAPPRR42);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 42, AAPPRR43);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 43, AAPPRR44);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 44, AAPPRR45);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 45, AAPPRR46);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 46, AAPPRR47);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 47, AAPPRR48);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 48, AAPPRR49);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 49, AAPPRR50);
fzEstado := fzEstado and ftrSetShellValue(fzHandle, 50, AAPPRR51);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 51, C1, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 52, C2, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 53, C3, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 54, CG1, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 55, CG2, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 56, CG3, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 57, CT1, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 58, CT2, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 59, CT3, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 60, Out1, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 61, Out2, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 62, Out3, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 63, Out4, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 64, P1, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 65, P2, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 66, P3, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 67, Q1, NoHitFlag);
fzEstado := fzEstado and ftrGetShellValue(fzHandle, 68, Q2, NoHitFlag);

```



```

    fzEstado := fzEstado and firGetShellValue(fzHandle, 69, Q3, NoHitFlag);
    fzEstado := fzEstado and firGetShellValue(fzHandle, 70, R1, NoHitFlag);
    fzEstado := fzEstado and firGetShellValue(fzHandle, 71, R2, NoHitFlag);
    fzEstado := fzEstado and firGetShellValue(fzHandle, 72, R3, NoHitFlag);

    {asignación evaluación}
    if CG.Checked then
    begin
        if (Out1+Out2+Out3+Out4)<>0 then
        begin
            lblEva.Caption := floatTostrF((Out1*10+Out2*40+Out3*70+Out4*100)/
            (Out1+Out2+Out3+Out4),ffFixed,15,2);
            ProgressBar1.Position := Trunc((Out1*10+Out2*40+Out3*70+Out4*100)/
            (Out1+Out2+Out3+Out4));

            LabelEV2.Caption:= floatTostrF(Out1,ffFixed,15,2);
            ProgressBar2.Position := Trunc(Out1*100);
            LabelEV3.Caption:= floatTostrF(Out2,ffFixed,15,2);
            ProgressBar3.Position := Trunc(Out2*100);
            LabelEV4.Caption:= floatTostrF(Out3,ffFixed,15,2);
            ProgressBar4.Position := Trunc(Out3*100);
            LabelEV5.Caption:= floatTostrF(Out4,ffFixed,15,2);
            ProgressBar5.Position := Trunc(Out4*100);
            GaugeC1.Progress:=Trunc(C1*100);
            GaugeC2.Progress:=Trunc(C2*100);
            GaugeC3.Progress:=Trunc(C3*100);
            GaugeCG1.Progress:=Trunc(CG1*100);
            GaugeCG2.Progress:=Trunc(CG2*100);
            GaugeCG3.Progress:=Trunc(CG3*100);
            GaugeCT1.Progress:=Trunc(CT1*100);
            GaugeCT2.Progress:=Trunc(CT2*100);
            GaugeCT3.Progress:=Trunc(CT3*100);
            GaugeP1.Progress:=Trunc(P1*100);
            GaugeP2.Progress:=Trunc(P2*100);
            GaugeP3.Progress:=Trunc(P3*100);
            GaugeQ1.Progress:=Trunc(Q1*100);
            GaugeQ2.Progress:=Trunc(Q2*100);
            GaugeQ3.Progress:=Trunc(Q3*100);
            GaugeR1.Progress:=Trunc(R1*100);
            GaugeR2.Progress:=Trunc(R2*100);
            GaugeR3.Progress:=Trunc(R3*100);

        end
    else
    begin
        lblEva.Caption := '0,00';
        ProgressBar1.Position := 0;
        LabelEV2.Caption:= '0,00';
        ProgressBar2.Position := 0;
        LabelEV3.Caption:= '0,00';
        ProgressBar3.Position := 0;
        LabelEV4.Caption:= '0,00';
        ProgressBar4.Position := 0;
        LabelEV5.Caption:= '0,00';
        ProgressBar5.Position := 0;
        GaugeC1.Progress:=Trunc(C1*100);

```

```

GaugeC2.Progress:=Trunc(C2*100);
GaugeC3.Progress:=Trunc(C3*100);
GaugeCG1.Progress:=Trunc(CG1*100);
GaugeCG2.Progress:=Trunc(CG2*100);
GaugeCG3.Progress:=Trunc(CG3*100);
GaugeCT1.Progress:=Trunc(CT1*100);
GaugeCT2.Progress:=Trunc(CT2*100);
GaugeCT3.Progress:=Trunc(CT3*100);
GaugeP1.Progress:=Trunc(P1*100);
GaugeP2.Progress:=Trunc(P2*100);
GaugeP3.Progress:=Trunc(P3*100);
GaugeQ1.Progress:=Trunc(Q1*100);
GaugeQ2.Progress:=Trunc(Q2*100);
GaugeQ3.Progress:=Trunc(Q3*100);
GaugeR1.Progress:=Trunc(R1*100);
GaugeR2.Progress:=Trunc(R2*100);
GaugeR3.Progress:=Trunc(R3*100);
end;
end;
end;
if BPN.Checked then
begin
ProgressBar1.Min:=-100;
lblEva.Caption:=floatToStrF((Out1*-65+Out2*-35+Out3*35+Out4*65),ffFixed,15,2);
ProgressBar1.Position:=Trunc((Out1*-65+Out2*-35+Out3*35+Out4*65));
LabelEV2.Caption:=floatToStrF(Out1,ffFixed,15,2);
ProgressBar2.Position:=Trunc(Out1*100);
LabelEV3.Caption:=floatToStrF(Out2,ffFixed,15,2);
ProgressBar3.Position:=Trunc(Out2*100);
LabelEV4.Caption:=floatToStrF(Out3,ffFixed,15,2);
ProgressBar4.Position:=Trunc(Out3*100);
LabelEV5.Caption:=floatToStrF(Out4,ffFixed,15,2);
ProgressBar5.Position:=Trunc(Out4*100);
GaugeC1.Progress:=Trunc(C1*100);
GaugeC2.Progress:=Trunc(C2*100);
GaugeC3.Progress:=Trunc(C3*100);
GaugeCG1.Progress:=Trunc(CG1*100);
GaugeCG2.Progress:=Trunc(CG2*100);
GaugeCG3.Progress:=Trunc(CG3*100);
GaugeCT1.Progress:=Trunc(CT1*100);
GaugeCT2.Progress:=Trunc(CT2*100);
GaugeCT3.Progress:=Trunc(CT3*100);
GaugeP1.Progress:=Trunc(P1*100);
GaugeP2.Progress:=Trunc(P2*100);
GaugeP3.Progress:=Trunc(P3*100);
GaugeQ1.Progress:=Trunc(Q1*100);
GaugeQ2.Progress:=Trunc(Q2*100);
GaugeQ3.Progress:=Trunc(Q3*100);
GaugeR1.Progress:=Trunc(R1*100);
GaugeR2.Progress:=Trunc(R2*100);
GaugeR3.Progress:=Trunc(R3*100);
end;
end;
procedure TPantallaPrincipal.FormCloseQuery(Sender: TObject;
var CanClose: Boolean);
begin

```



```

Storage.Active:=False;
end;

procedure TPantallaPrincipal.GenerarAleatorioClick(Sender: TObject);
var i:integer;
procedure AsignaAleatorio(componentes:array of TrmFloatSpinEdit);
var componente,i:integer ;
    value:Double ;
begin
    value:= random(((high(componentes))*100)+49);
    componente:=round(value/100);
    for i:=0 to high(componentes) do
        if i=componente then componentes[i].value:=1
        else componentes[i].value:=0;
    end;
procedure AsignaAleatorio1(componentes:array of Tcheckbox);
var componente,i:integer ;
    value:Double ;
begin
    value:= random(((high(componentes))*100)+49);
    componente:=round(value/100);
    for i:=0 to high(componentes) do
        if i=componente then componentes[i].checked:=true
        else componentes[i].checked:=false;
    end;

begin
randomize;
AsignaAleatorio([xseAPR02_01,xseAPR02_02,xseAPR02_03]);
AsignaAleatorio([xseAPR05_01,xseAPR05_02,xseAPR05_03]);
AsignaAleatorio([xseAPR09_01,xseAPR09_02,xseAPR09_03]);
AsignaAleatorio([xseAPR1401,xseAPR1402,xseAPR1403]);
AsignaAleatorio([xseAPR20_01,xseAPR20_02,xseAPR20_03,xseAPR20_04]);
AsignaAleatorio1([chbAPR03Bajo,chbAPR03Medio,chbAPR03Alto]);
AsignaAleatorio1([chbAPR07Insuficiente,chbAPR07Aceptable,chbAPR07Optima]);
AsignaAleatorio1([chbAPR08Inadecuada,chbAPR08Adecuada,chbAPR08Optima]);
AsignaAleatorio1([chbAPR10Insuficiente,chbAPR10Aceptable,chbAPR10Optima]);
AsignaAleatorio1([chbAPR1201,chbAPR1202,chbAPR1203,chbAPR1204]);
AsignaAleatorio1([chbAPR1301,chbAPR1302]);
AsignaAleatorio1([chbAPR1501,chbAPR1502,chbAPR1503]);
AsignaAleatorio1([chbAPR1601,chbAPR1602,chbAPR1603]);
AsignaAleatorio1([chbAPR1701,chbAPR1702,chbAPR1703]);
xseNobras.Value:=random(6);
xseSimilitud.value:=0.5+(random(51)/100);
APR01.caption := 'Índice de Experiencia = ' + floattostr((xseNobras.value/5)* xseSimilitud.value);
xseOperariosC.value:=1+random(4);
APR04.caption := 'Grado de adecuación = ' + FloatToStrF((xseOperariosC.value/3),ffFixed,15,2);
xseRenovacionPP.value:=random(501);
xseRenovacionP5.value:=round(((3+random(28))/100)* xseRenovacionPP.value);
APR06.caption := ' Índice de Renovación = ' + FloatToStrF((xseRenovacionP5.value/
xseRenovacionPP.value),ffFixed,15,2);
xseNPersonal.value:= xseRenovacionPP.value;
xseNLeves.value:=round((random(21)/100)* xseRenovacionPP.value);
xseNGraves.value:=round((random(4)/100)* xseRenovacionPP.value);
xseNMortales.value:=round((random(100)/10000)* xseRenovacionPP.value);
APR11.caption := 'Índice Accidentabilidad = ' + FloatToStrF(((xseNLeves.value/xseNPersonal.value)+

```

```

xseNGraves.value + (2 * xseNMortales.value)),ffFixed,2,2);
xse12Meses.value:=random(1001);
xse6Meses.value:= (xse12Meses.value*(70+random(61))/200);
APR18.caption := 'Índice Facturación = ' + FloatToStrF((xse6Meses.value * 2 /
xse12Meses.value),ffFixed,15,2);
xseC12Meses.value:=random(1001);
xseC6Meses.value:= (xseC12Meses.value*(70+random(61))/200);
APR19.caption := 'Índice Contratación = ' + FloatToStrF((xseC6Meses.value * 2 /
xseC12Meses.value),ffFixed,15,2);
xsePO.value:= random(501);
xsePH.value:= xsePO.value*((65+random(71))/100) ;
APR21.caption := 'Índice PH - PO = ' + FloatToStrF((xsePH.value - xsePO.value)/
xsePO.value,ffFixed,15,2);
xseCE.value:= xsePH.value*((80+random(41))/100) ;
APR22.caption := 'Índice PH - CE = ' + FloatToStrF((xsePH.value - xseCE.value)/xseCE.value,ffFixed,15,2);
btnEvaluarClick(nil);
end;

```

```

procedure TPantallaPrincipal.GenerarAleatorioClickBuenos(Sender: TObject);

```

```

var i:integer;
begin
  randomize;
  {Calidad}
  if random(100)/100 <= 0.5 then
  begin
    xseAPR02_01.value:=0;
    xseAPR02_02.value:=1;
    xseAPR02_03.value:=0;
  end
  else
  begin
    xseAPR02_01.value:=0;
    xseAPR02_02.value:=0;
    xseAPR02_03.value:=1;
  end;
  {Jefe de obra}
  if random(100)/100 <= 0.5 then
  begin
    xseAPR05_01.value:=0;
    xseAPR05_02.value:=1;
    xseAPR05_03.value:=0;
  end
  else
  begin
    xseAPR05_01.value:=0;
    xseAPR05_02.value:=0;
    xseAPR05_03.value:=1;
  end;
  {Comprension}
  if random(100)/100 <= 0.5 then
  begin
    xseAPR09_01.value:=0;
    xseAPR09_02.value:=1;
    xseAPR09_03.value:=0;
  end
  else

```



```

begin
xseAPR09_01.value:=0;
xseAPR09_02.value:=0;
xseAPR09_03.value:=1;
end;

{Subcontratación}
if random(100)/100 <= 0.5 then
begin
xseAPR1401.value:=0;
xseAPR1402.value:=1;
xseAPR1403.value:=0;
end
else
begin
xseAPR1401.value:=0;
xseAPR1402.value:=0;
xseAPR1403.value:=1;
end;

{Estado Financiero}
if random(100)/100 <= 0.5 then
begin
xseAPR20_01.value:=0;
xseAPR20_02.value:=0;
xseAPR20_03.value:=1;
xseAPR20_04.value:=0;
end
else
begin
xseAPR20_01.value:=0;
xseAPR20_02.value:=0;
xseAPR20_03.value:=0;
xseAPR20_04.value:=1;
end;

{03.Equipos y maquinaria}
if random(100)/100 <= 0.5 then
begin
chbAPR03Bajo.Checked:=False;
chbAPR03Medio.Checked:=True;
chbAPR03Alto.Checked:=False;
end
else
begin
chbAPR03Bajo.Checked:=False;
chbAPR03Medio.Checked:=False;
chbAPR03Alto.Checked:=True;
end;

{07.Asignación otro personal}
if random(100)/100 <= 0.5 then
begin
chbAPR07Insuficiente.Checked:=False;
chbAPR07Aceptable.Checked:=True;
chbAPR07Optima.Checked:=False;
end

```

```

else
begin
chbAPR07Insuficiente.Checked:=False;
chbAPR07Aceptable.Checked:=False;
chbAPR07Optima.Checked:=True;
end;

```

```

{08.Estructura de organización}
if random(100)/100 <= 0.5 then
begin
chbAPR08Inadecuada.Checked:=False;
chbAPR08Adecuada.Checked:=True;
chbAPR08Optima.Checked:=False;
end
else
begin
chbAPR08Inadecuada.Checked:=False;
chbAPR08Adecuada.Checked:=False;
chbAPR08Optima.Checked:=True;
end;

```

```

{10.Adecuación métodos de construcción}
if random(100)/100 <= 0.5 then
begin
chbAPR10Insuficiente.Checked:=False;
chbAPR10Aceptable.Checked:=True;
chbAPR10Optima.Checked:=False;
end
else
begin
chbAPR10Insuficiente.Checked:=False;
chbAPR10Aceptable.Checked:=False;
chbAPR10Optima.Checked:=True;
end;

```

```

{12.Programación}
if random(100)/100 <= 0.5 then
begin
chbAPR1201.Checked:=False;
chbAPR1202.Checked:=False;
chbAPR1203.Checked:=True;
chbAPR1204.Checked:=False;
end
else
begin
chbAPR1201.Checked:=False;
chbAPR1202.Checked:=False;
chbAPR1203.Checked:=False;
chbAPR1204.Checked:=True;
end;

```

```

{13.Seguros}
chbAPR1301.Checked:=False;
chbAPR1302.Checked:=True;

```

```

{15.Interes mostrado}

```



```

if random(100)/100 >= 0.5 then
begin
chbAPR1501.Checked:=False;
chbAPR1502.Checked:=True;
chbAPR1503.Checked:=False;
end
else
begin
chbAPR1501.Checked:=False;
chbAPR1502.Checked:=False;
chbAPR1503.Checked:=True;
end;

{16.Incumplimientos criticos}
if random(100)/100 >= 0.5 then
begin
chbAPR1601.Checked:=True;
chbAPR1602.Checked:=False;
chbAPR1603.Checked:=False;
end
else
begin
chbAPR1601.Checked:=False;
chbAPR1602.Checked:=True;
chbAPR1603.Checked:=False;
end;

{17.Incumplimientos secundarios}
if random(100)/100 >= 0.5 then
begin
chbAPR1701.Checked:=True;
chbAPR1702.Checked:=False;
chbAPR1703.Checked:=False;
end
else
begin
chbAPR1701.Checked:=False;
chbAPR1702.Checked:=True;
chbAPR1703.Checked:=False;
end;

xseNobras.Value:=3+random(3);
xseSimilitud.value:=0.8+(random(20)/100);
APR01.caption := 'Índice de Experiencia = ' + floattostr((xseNobras.value/5)* xseSimilitud.value);
xseOperariosC.value:=2+random(2);
APR04.caption := 'Grado de adecuación = ' + FloatToStrF((xseOperariosC.value/3),ffFixed,15,2);
xseRenovacionPP.value:=random(501);
xseRenovacionP5.value:=round(((1+random(9))/100)* xseRenovacionPP.value);
APR06.caption := 'Índice de Renovación = ' + FloatToStrF((xseRenovacionP5.value/
xseRenovacionPP.value),ffFixed,15,2);
xseNPersonal.value:= xseRenovacionPP.value;
xseNLeves.value:=round((random(11)/100)* xseRenovacionPP.value);
xseNGraves.value:=round((random(1)/100)* xseRenovacionPP.value);
xseNMortales.value:=0;
APR11.caption := 'Índice Accidentabilidad = ' + FloatToStrF(((xseNLeves.value/xseNPersonal.value)+
xseNGraves.value + (2 * xseNMortales.value)),ffFixed,2,2);

```

```

xse12Meses.value:=random(1001);
xse6Meses.value:=(xse12Meses.value*(100+random(31))/200);
APR18.caption := 'Índice Facturación = ' + FloatToStrF((xse6Meses.value * 2 /
xse12Meses.value),ffFixed,15,2);
xseC12Meses.value:=random(1001);
xseC6Meses.value:= (xseC12Meses.value*(100+random(31))/200);
APR19.caption := 'Índice Contratación = ' + FloatToStrF((xseC6Meses.value * 2 /
xseC12Meses.value),ffFixed,15,2);
xsePO.value:= random(501);
xsePH.value:= xsePO.value*((85+random(31))/100) ;
APR21.caption := 'Índice PH - PO = ' + FloatToStrF((xsePH.value - xsePO.value)/
xsePO.value,ffFixed,15,2);
xseCE.value:= xsePH.value*((90+random(21))/100) ;
APR22.caption := 'Índice PH - CE = ' + FloatToStrF((xsePH.value - xseCE.value)/xseCE.value,ffFixed,15,2);
btnEvaluarClick(nil);
end;

```

```

procedure TPantallaPrincipal.Generarautomatico1Click(Sender: TObject);

```

```

const sep = ' ';

```

```

var i: integer;

```

```

fichero: TStringList;

```

```

linea, valor: string;

```

```

procedure CrearCabecera;

```

```

var i: integer;

```

```

begin

```

```

    linea := "";

```

```

    for i := 0 to componentCount - 1 do

```

```

        begin

```

```

            valor := "";

```

```

            if components[i] is TRxSpinEdit then

```

```

                valor := TRxSpinEdit(components[i]).name

```

```

            else

```

```

                if components[i] is TrmFloatSpinEdit then

```

```

                    valor := TrmFloatSpinEdit(components[i]).name

```

```

                else

```

```

                    if components[i] is TcheckBox then

```

```

                        valor := TcheckBox(components[i]).name;

```

```

            if valor <> "" then

```

```

                if linea = "" then

```

```

                    linea := valor

```

```

                else

```

```

                    linea := linea + sep + valor;

```

```

            end;

```

```

        for i := 0 to componentCount - 1 do

```

```

            begin

```

```

                valor := "";

```

```

                if (components[i] is TLabel) and (Tlabel(components[i]).tag = 1) then

```

```

                    valor := TLabel(components[i]).name;

```

```

                if valor <> "" then

```

```

                    if linea = "" then

```

```

                        linea := valor

```

```

                    else

```

```

                        linea := linea + sep + valor;

```

```

            end;

```

```

        fichero.add(linea);

```

```

    end;

```



```

procedure CargarDatos;
var i: integer;
    cadena: string;
begin
    linea := "";
    for i := 0 to componentCount - 1 do
    begin
        valor := "";
        if components[i] is TRxSpinEdit then
            valor := floatTostr(TRxSpinEdit(components[i]).value)
        else
            if components[i] is TrmFloatSpinEdit then
                valor := floatTostr(TrmFloatSpinEdit(components[i]).value)
            else
                if components[i] is TcheckBox then
                    valor := intostr(byte(TcheckBox(components[i]).Checked));
                if valor <> " then
                    if linea = " then
                        linea := valor
                    else
                        linea := linea + sep + valor;
                end;
            for i := 0 to componentCount - 1 do
            begin
                valor := "";
                if (components[i] is TLabel) and (TLabel(components[i]).tag = 1) then
                    begin
                        cadena := copy(TLabel(components[i]).caption, pos('=', TLabel(components[i]).caption) + 1
                            , length(TLabel(components[i]).caption));
                        valor := trim(cadena);
                    end;
                if valor <> " then
                    if linea = " then
                        linea := valor
                    else
                        linea := linea + sep + valor;
                end;
                fichero.add(linea);
            end;
        begin
            fichero := TStringList.create;
            try
                if fileexists('aleatorio.csv') and (MessageDlg('El fichero ya existe, ¿desea sobrescribirlo?'
                    + #13 + #10 + 'En caso negativo los datos se añadirán a los existentes.',
                    mtConfirmation, [mbYes, mbNo], 0) = mrNo) then
                    fichero.LoadFromFile('aleatorio.csv')
                else
                    CrearCabecera;
            for i := 0 to strToIntDef(InputBox('Dialogo', 'Número de registros', '0'), 0) - 1 do
            begin
                GenerarAleatorioClick(nil);
                application.ProcessMessages;
                CargarDatos;
            end;
            fichero.SaveToFile('aleatorio.csv');

```

```

finally
    fichero.free;
end;
end;

procedure TPantallaPrincipal.ProcesarFichero1Click(Sender: TObject);
const sep = ',';
var fichero: TStringList;
i: integer;
function ExtractFieldName(const Fields: string; var Pos: Integer): string;
var
    I: Integer;
begin
    I := Pos;
    while (I <= Length(Fields)) and (Fields[I] <> sep) do Inc(I);
    Result := Trim(Copy(Fields, Pos, I - Pos));
    if (I <= Length(Fields)) and (Fields[I] = sep) then Inc(I);
    Pos := I;
end;
function procesaLinea(cabecera, linea: string): string;
var pos0, pos1: integer;
    nombre, valor, cadena: string;
    componente: TComponent;
begin
    pos0 := 1;
    pos1 := 1;
    nombre := ExtractFieldName(cabecera, pos0);
    valor := ExtractFieldName(linea, pos1);
    while nombre <> "" do
        begin
            componente := findComponent(nombre);
            if componente is TRxSpinEdit then
                begin
                    TRxSpinEdit(componente).Value := strtoFloat(valor);
                end
            else
                if componente is TRmFloatSpinEdit then
                    begin
                        TRmFloatSpinEdit(componente).Value := strtoFloat(valor);
                    end
                else
                    if componente is TCheckBox then
                        begin
                            if valor = '1' then TCheckBox(componente).Checked := true
                            else TCheckBox(componente).Checked := false;
                        end;
                    nombre := ExtractFieldName(cabecera, pos0);
                    valor := ExtractFieldName(linea, pos1);
                end;
            btnEvaluarClick(nil);
            application.ProcessMessages;
            pos0 := 1;
            result := "";
            nombre := ExtractFieldName(cabecera, pos0);
            while nombre <> "" do
                begin

```



```

cadena := "";
componente := findComponent(nombre);
if componente is TLabel then
begin
    cadena := copy TLabel(componente).caption, pos('=' , TLabel(componente).caption) + 1
    , length TLabel(componente).caption);
    cadena := trim(cadena);
end
else
    if componente is TRxSpinEdit then
    begin
        cadena := floatToStr(TRxSpinEdit(componente).Value);
    end
    else
        if componente is TRmFloatSpinEdit then
        begin
            cadena := floatToStr(TRmFloatSpinEdit(componente).Value);
        end
        else
            if componente is TCheckBox then
            begin
                cadena := intToStr(byte(TCheckBox(componente).checked));
            end;
        if cadena <> "" then
            if result = "" then
                result := cadena
            else
                result := result + sep + cadena;
            nombre := ExtractFieldName(cabecera, pos0);
        end;
    end;
begin
    fichero := TStringList.create;
    try
        with TOpenDialog.Create(nil) do
            try
                filter := 'Fichero CSV (*.csv)|*.csv|Todos los ficheros (*.*)|*.*';
                if execute then
                    begin
                        fichero.LoadFromFile(filename);
                        for i := 1 to fichero.count - 1 do
                            fichero[i] := procesaLinea(fichero[0], fichero[i]);
                        fichero.SaveToFile(filename);
                    end;
                finally
                    free;
                end;
            finally
                fichero.free;
            end;
        end;
    end;

    procedure TPantallaPrincipal.CGClick(Sender: TObject);
    begin
        CG.Checked:=True;
        BPN.Checked:=False;

```

```
CG1.Checked:=True;  
BPN1.Checked:=False;  
end;
```

```
procedure TPantallaPrincipal.BPNClick(Sender: TObject);  
begin  
CG.Checked:=False;  
BPN.Checked:=True;  
CG1.Checked:=False;  
BPN1.Checked:=True;  
end;
```

```
procedure TPantallaPrincipal.OcultarPClick(Sender: TObject);  
begin  
GroupBox1.Visible:=False;  
GroupBox2.Visible:=False;  
GroupBox3.Visible:=False;  
GroupBox4.Visible:=False;  
GroupBox6.Visible:=False;  
GroupBox7.Visible:=False;  
GroupBox8.Visible:=False;  
GroupBox9.Visible:=False;  
GroupBox10.Visible:=False;  
GroupBox13.Visible:=False;  
GroupBox14.Visible:=False;  
GroupBox15.Visible:=False;  
GroupBox16.Visible:=False;  
GroupBox17.Visible:=False;  
GroupBox18.Visible:=False;  
GroupBox19.Visible:=False;  
GroupBox21.Visible:=False;  
GroupBox22.Visible:=False;  
OcultarP.Checked:=True;  
Mostrar1.Checked:=False;  
end;
```

```
procedure TPantallaPrincipal.MostrarTodoClick(Sender: TObject);  
begin  
GroupBox1.Visible:=True;  
GroupBox2.Visible:=True;  
GroupBox3.Visible:=True;  
GroupBox4.Visible:=True;  
GroupBox5.Visible:=True;  
GroupBox6.Visible:=True;  
GroupBox7.Visible:=True;  
GroupBox8.Visible:=True;  
GroupBox9.Visible:=True;  
GroupBox10.Visible:=True;  
GroupBox11.Visible:=True;  
GroupBox12.Visible:=True;  
GroupBox13.Visible:=True;  
GroupBox14.Visible:=True;  
GroupBox15.Visible:=True;  
GroupBox16.Visible:=True;  
GroupBox17.Visible:=True;  
GroupBox18.Visible:=True;
```



```
GroupBox19.Visible:=True;  
GroupBox21.Visible:=True;  
GroupBox22.Visible:=True;  
OcultarP.Checked:=False;  
MostrarI.Checked:=True;  
end;  
  
end.
```


ANEXO IV.

PRUEBAS REALIZADAS A LA APLICACIÓN.

Contenido:

1. Introducción.
2. Algunas casos concretos.

1. INTRODUCCIÓN.

Con objeto de ilustrar el comportamiento del sistema se ofrecen a continuación algunos casos concretos del comportamiento del sistema. Hay que señalar que con la idea de controlar el comportamiento del mismo, las primeras pruebas que se realizaron consistieron en probar el sistema para los dos casos extremos que se consideran obvios, es decir, el caso en que todas las variables directas están en la parte izquierda de la partición y las inversas en la parte derecha y viceversa.

El primer caso correspondería a una situación poco real pero que es necesario introducir para comprobar la consistencia del sistema. Este sería el caso en que todas las variables de entrada estarían evaluadas de forma negativa o en las situaciones menos deseables. En este caso el sistema debería responder de forma clara con una evaluación también en la parte izquierda de la partición de la variable de salida, y la desborrosificación correspondiente debería asignar un valor, cuyo valor absoluto no importaría, pero que nunca fuese superior al asignado a cualquiera de los infinitos casos que puedan presentarse.

El segundo caso que podríamos denominar el ideal corresponde a una situación inmejorable desde el punto de vista de que nunca ninguna combinación de valores podría superar la asignación que de este caso se hace. Estos dos casos extremos lejos de ser reales corresponden a los límites o extremos del intervalo en donde se va a realizar la evaluación.

Claramente estos dos casos extremos se obtienen con la base de conocimiento creada, lo cual da una idea de la bonaza del sistema construido. La siguiente fase ha sido la generación de diversas situaciones de forma aleatoria, que en algunos casos, lejos de ser muy reales, ponen al sistema a prueba y comprueban su consistencia. Hay que decir aquí que en las pruebas realizadas se observó un comportamiento estable y acorde a la base de conocimiento que se creó. En algunos casos se ha tenido que introducir o eliminar alguna regla que no respondía de la forma adecuada.

De todas las formas la programación del sistema se ha comprobado de forma lo suficientemente profunda para asegurar la fiabilidad del mismo, y por lo tanto si se encuentra algún caso en el que no se está de acuerdo con la respuesta del sistema, deberá buscarse la causa en las reglas que han conducido a esa solución y nunca en errores de cálculo, que tal y como se ha construido la aplicación, se puede afirmar que son inexistentes.

Por lo tanto el sistema queda abierto a introducir nuevas reglas o cambiar unas por otras con objeto de cambiar su comportamiento. Llegados a este punto es conveniente volver a recordar una idea que ya se expuso anteriormente y que hace referencia a que el sistema nunca se podrá considerar que funciona mal, en todo caso se podrá decir, que la base de conocimiento introducida es incorrecta o presenta alguna deficiencia, pues como se ha descrito el proceso que se realiza internamente es estrictamente matemático y basado en teorías ampliamente refutadas.

En las páginas siguientes junto con los casos extremos se exponen ocho casos variados para que el lector vea el comportamiento del sistema en situaciones diversas.

3.2. Etapa de selección

En esta etapa se selecciona el mejor proveedor de acuerdo a los criterios establecidos en la etapa anterior. Para ello se utiliza la técnica de control borroso. La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección. La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección.

La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección. La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección. La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección.

La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección. La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección. La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección.

La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección. La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección. La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección.

La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección. La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección. La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección.

La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección. La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección. La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección.

La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección. La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección. La selección se realiza considerando los valores de los criterios de selección y los valores de los criterios de selección.

2. ALGUNOS CASOS CONCRETOS.

APP. Sistema de Apoyo a la Decisión para la Selección de Contratistas.
Archivos Aleatorio Opciones Evaluación Ayuda

Optimo Proyecto

01. Experiencia obras análogas
Nº Obras = 5
Similitud = 1.00
Índice de Experiencia = 1

02. Calidad contratista
Baja = 0.00
Media = 0.00
Alta = 1.00

03. Equipos y maquinaria propia
Bajo Medio Alto

04. Operarios de control propios
Nº Operarios = 4
Grado de adecuación = 1.33

05. Jefe de obra - encargados
Escasa = 0.00
Aceptable = 0.00
Relevante = 1.00

06. Renovación personal
Sustituciones = 32
Personal total = 209
Índice de Renovación = 0.15

07. Asigna. otro personal téc.
Insuficiente
Aceptable
Optima

08. Estructura de organización
Inadecuada
Adecuada
Optima

09. Comprensión del proyecto
Insuficiente = 0.00
Aceptable = 0.00
Optima = 1.00

10. Adecuación métodos cons.
Insuficiente - Baja
Aceptable - Media
Optima - Alta

11. Accidentes 2 u. años
Personal total = 11
A. mortales = 0
A. graves = 0
A. leves = 6
Índice Accidentabilidad = 0.55

12. Programación y su ajuste
No Realista
Realista - No Se Ajusta
Realista - Se Ajusta
Realista - Mejora Objetivo

13. Cobertura de seguros
Insuficiente
Suficiente - Adecuada

14. Subcontratación
Deficiente = 0.00
Aceptable = 0.00
Excelente = 1.00

15. Interés mostrado
Nulo
Bajo
Normal - Adecuado

16. Incumplimientos críticos
Ninguno
Escasos - Ocasionalmente
Gran Conflicto

17. Incumplimientos secundarios
Ninguno
Escasos - Ocasionalmente
Gran Conflicto

18. Facturación últimos meses
6 Últimos = 1.00
12 Anteriores = 1.00
Índice Facturación = 2.00

19. Contratación últimos meses
6 Últimos = 2.00
12 Anteriores = 3.20
Índice de Contratación = 1.25

20. Estado financiero
Insuficiente = 0.00
Problemas leves = 0.00
Estable = 0.00
Capacidad Fin. = 1.00

21. Precio homog. - P. Ofertado
P. Ofertado = 9.80
P. Homoge. = 9.80
Índice PH - PO = 0.00

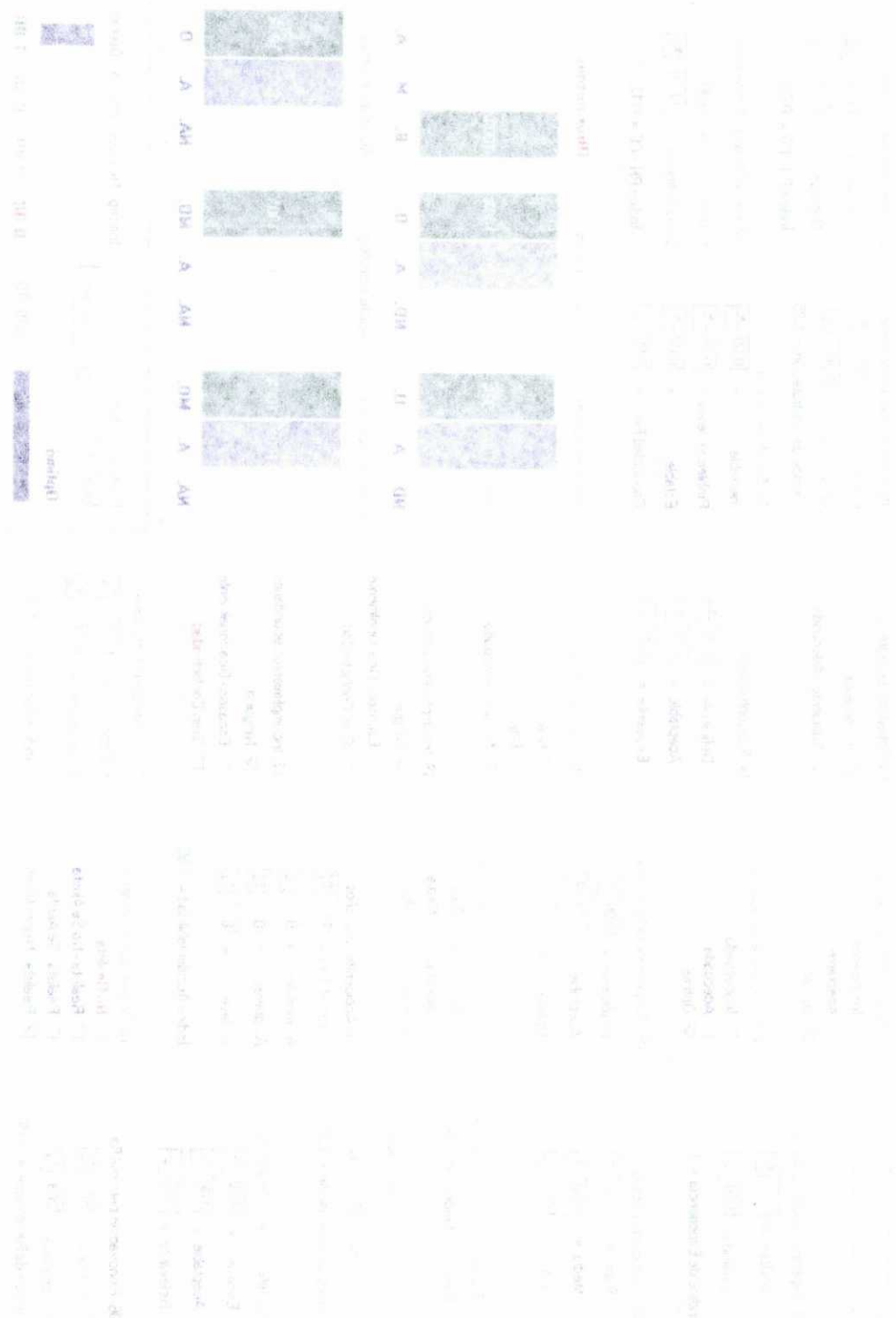
22. Precio Homog. - Coste estim.
P. Homoge. = 9.80
Coste Estimado = 11.10
Índice PH - CE = 0.12

Capacidad gestión
0% 100% 50%
ND. A. D.
Ajuste a plazo y r. i.

Capacidad técnica
0% 100% 100%
ND. A. D. B. M. A.
Ajuste a calidad y r. i.

Otros riesgos
0% 100% 0%
ND. A. D. B. M. A.
Ajuste a coste y r. i.

Política a seguir:
plazot
Optimo
Incomp. No Dese. Acepta. Optimo
Evaluat
100.00 0.00 0.00 1.00



APR. Sistema de Apoyo a la Decisión para la Selección de Contratistas.
Archivos Aleatorio Opciones Evaluación Ayuda

Nombre de la obra

01. Experiencia obras análogas
 Nº Obras = 0
 Similitud = 1.00
 Índice de Experiencia = 0

02. Calidad contrastada
 Baja = 1.00
 Media = 0.00
 Alta = 0.00

03. Equipos y maquinaria propia
☒ Bajo ☐ Medio ☐ Alto

04. Operarios de control propios
 Nº Operarios = 1
 Grado de adecuación = 0.33

05. Jefe de obra - encargados
 Escasa = 1.00
 Aceptable = 0.00
 Relevante = 0.00

06. Renovación personal
 Sustituciones = 8
 Personal total = 24
 Índice de Renovación = 0.33

07. Asigna otro personal téc.
☒ Insuficiente
☐ Aceptable
☐ Óptima

08. Estructura de organización
☒ Inadecuada
☐ Adecuada
☐ Óptima

09. Comprensión del proyecto
 Insuficiente = 1.00
 Aceptable = 0.00
 Óptima = 0.00

10. Adecuación métodos cons.
☒ Insuficiente - Bajo
☐ Aceptable - Media
☐ Óptima - Alta

11. Accidentes 2 u. años
 Personal total = 2
 A. mortales = 0
 A. graves = 0
 A. leves = 12
 Índice Accidentabilidad = 6.00

12. Programación y su ajuste
☒ No Realista
☐ Realista - No Se Ajusta
☐ Realista - Se Ajusta
☐ Realista - Mejor Objetivo

13. Cobertura de seguros
☒ Insuficiente
☐ Suficiente - Adecuada

14. Subcontratación
 Deficiente = 1.00
 Aceptable = 0.00
 Excelente = 0.00

15. Interés mostrado
☒ Nulo
☐ Bajo
☐ Normal - Adecuado

16. Incumplimientos críticos
☐ Ninguno
☐ Escasos - Ocasionalmente
☒ Gran Conflictividad

17. Incumplimientos secundarios
☐ Ninguno
☐ Escasos - Ocasionalmente
☒ Gran Conflictividad

18. Facturación últimos meses
 6 Últimos = 355.89
 12 Anteriores = 653.00
 Índice Facturación = 1.09

19. Contratación últimos meses
 6 Últimos = 1.50
 12 Anteriores = 5.10
 Índice de Contratación = 0.89

20. Estado financiero
 Inestable = 1.00
 Problemas leves = 0.00
 Estable = 0.00
 Capacidad Fin. = 0.00

21. Precio homog. - P. Ofertado
 P. Ofertado = 1.80
 P. Homog. = 0.90
 Índice PH - PO = -0.50

22. Precio Homog. - Coste estim.
 P. Homog. = 0.90
 Coste Estimado = 0.70
 Índice PH - CE = 0.29

Capacidad gestión
 100% 0% 0%
 ND. A. O.

Capacidad técnica
 100% 0% 0% 0% 100%
 ND. A. O. B. M. A.

Ajuste a plazo y r. l.
 100% 0% 0%
 NA. A. MD.

Ajuste a coste y r. l.
 100% 0% 0%
 NA. A. MD.

Ajuste a calidad y r. l.
 100% 0% 0%
 NA. A. O.

Política a seguir:
 placotot
 Pesimo ☒ Inacap. No Des. Acepta. Óptimo

Nombre de la obra

<p>Fig. 1. Diagrama de flujo del sistema de apoyo a la decisión para la selección de contratistas basado en la técnica del control borroso.</p>	<p>Fig. 2. Diagrama de flujo del sistema de apoyo a la decisión para la selección de contratistas basado en la técnica del control borroso.</p>	<p>Fig. 3. Diagrama de flujo del sistema de apoyo a la decisión para la selección de contratistas basado en la técnica del control borroso.</p>	<p>Fig. 4. Diagrama de flujo del sistema de apoyo a la decisión para la selección de contratistas basado en la técnica del control borroso.</p>	<p>Fig. 5. Diagrama de flujo del sistema de apoyo a la decisión para la selección de contratistas basado en la técnica del control borroso.</p>	<p>Fig. 6. Diagrama de flujo del sistema de apoyo a la decisión para la selección de contratistas basado en la técnica del control borroso.</p>
<p>Fig. 7. Diagrama de flujo del sistema de apoyo a la decisión para la selección de contratistas basado en la técnica del control borroso.</p>	<p>Fig. 8. Diagrama de flujo del sistema de apoyo a la decisión para la selección de contratistas basado en la técnica del control borroso.</p>	<p>Fig. 9. Diagrama de flujo del sistema de apoyo a la decisión para la selección de contratistas basado en la técnica del control borroso.</p>	<p>Fig. 10. Diagrama de flujo del sistema de apoyo a la decisión para la selección de contratistas basado en la técnica del control borroso.</p>	<p>Fig. 11. Diagrama de flujo del sistema de apoyo a la decisión para la selección de contratistas basado en la técnica del control borroso.</p>	<p>Fig. 12. Diagrama de flujo del sistema de apoyo a la decisión para la selección de contratistas basado en la técnica del control borroso.</p>

APR. Sistema de Apoyo a la Decisión para la Selección de Contratistas.
Archivos Aleatorio Opciones Evaluación Ayuda

01. Experiencia obras análogas
Nº Obras = 5
Similitud = 0.82
Índice de Experiencia = 0.82

02. Calidad contrastada
Baja = 1.00
Media = 0.00
Alta = 0.00

03. Equipos y maquinaria propia
Bajo Medio Alto

04. Operarios de control propios
Nº Operarios = 1
Grado de adecuación = 0.33

05. Jefe de obra - encargados
Escasa = 0.00
Aceptable = 0.00
Relevante = 1.00

06. Renovación personal 5a
Sustituciones = 16
Personal total = 56
Índice de Renovación = 0.29

07. Asigna. otro personal téc.
Insuficiente
Aceptable
Óptima

08. Estructura de organización
Inadecuada
Adecuada
Óptima

09. Comprensión del proyecto
Insuficiente = 0.00
Aceptable = 0.00
Óptima = 1.00

10. Adecuación métodos cons.
Insuficiente - Baja
Aceptable - Media
Óptima - Alta

11. Accidentes 2 u. años
Personal total = 56
A. mortales = 0
A. graves = 0
A. leves = 10
Índice Accidentabilidad = 0.18

12. Programación y su ajuste
No Realista
Realista - No Se Ajusta
Realista - Se Ajusta
Realista - Mejora Objetivo

13. Cobertura de seguros
Insuficiente
Suficiente - Adecuada

14. Subcontratación
Deficiente = 0.00
Aceptable = 1.00
Excelente = 0.00

15. Interés mostrado
Nulo
Bajo
Normal - Adecuado

16. Incumplimientos críticos
Ninguno
Escasos - Ocasionalmente
Gravemente

17. Incumplimientos secundarios
Ninguno
Escasos - Ocasionalmente
Gravemente

18. Facturación últimos meses
6 Últimos = 236.60
12 Anteriores = 520.00
Índice Facturación = 0.91

19. Contratación últimos meses
6 Últimos = 192.50
12 Anteriores = 550.00
Índice Contratación = 0.70

20. Estado financiero
Inestable = 0.00
Problemas leves = 0.00
Estable = 0.00
Capacidad Fin. = 1.00

21. Precio homog. - P. Ofertado
P. Ofertado = 304.00
P. Homog. = 352.64
Índice PH - PO = 0.15

22. Precio Homog. - Coste estim.
P. Homog. = 352.64
Coste Estimado = 306.80
Índice PH - CE = 0.15

Capacidad gestión
100% 0% 0%
ND. A. O. ND. A. O. ND. A. O.
Ajuste a plazo y r. l.

Capacidad técnica
100% 0% 0% 0% 0% 100%
ND. A. O. ND. A. O. ND. A. O. ND. A. O.
Ajuste a coste y r. l.

Otros riesgos
100% 0% 0% 0% 0% 100%
ND. A. O. ND. A. O. ND. A. O. ND. A. O.
Ajuste a calidad y r. l.

Política a seguir
plazotot
Aleatorio
E valor
10.00
Inscap. No Desc. Acepta. Óptimo
1.00 0.00 0.00 0.00



APR

APR. Sistema de Apoyo a la Decisión para la Selección de Contratistas.
Archivos Aleatorio Opciones Evaluación Ayuda

Aleatorio
Proyecto

01. Experiencia obras análogas
Nº Obras = 5
Similitud = 0.81
Índice de Experiencia = 0.81

02. Calidad contratada
Baja = 0.00
Media = 1.00
Alta = 0.00

03. Equipos y maquinaria propia
☒ Bajo ☐ Medio ☒ Alto

04. Operarios de control propios
Nº Operarios = 3
Grado de adecuación = 1.00

05. Jefe de obra - encargados
Escasa = 0.00
Aceptable = 1.00
Relevante = 0.00

06. Renovación personal 5a
Sustituciones = 3
Personal total = 69
Índice de Renovación = 0.04

07. Asigna. otro personal téc.
☐ Insuficiente
☒ Aceptable
☐ Óptima

08. Estructura de organización
☐ Inadecuada
☒ Adecuada
☐ Óptima

09. Comprensión del proyecto
Insuficiente = 0.00
Aceptable = 0.00
Óptima = 1.00

10. Adecuación métodos cons.
☐ Insuficiente - Bajo
☐ Aceptable - Media
☒ Óptima - Alta

11. Accidentes 2 u. años
Personal total = 69
A. mortales = 0
A. graves = 0
A. leves = 3
Índice Accidentabilidad = 0.04

12. Programación y su ajuste
☐ No Realista
☐ Realista - No Se Ajusta
☐ Realista - Se Ajusta
☒ Realista - Mejora Objetivo

13. Cobertura de seguros
☐ Insuficiente
☒ Suficiente - Adecuada

14. Subcontratación
Deficiente = 0.00
Aceptable = 1.00
Excelente = 0.00

15. Interés mostrado
☐ Nulo
☒ Bajo
☐ Normal - Adecuado

16. Incumplimientos críticos
☒ Ninguno
☐ Escasos - Ocasionalmente
☐ Gran Conflictividad

17. Incumplimientos ecurdarios
☒ Ninguno
☐ Escasos - Ocasionalmente
☐ Gran Conflictividad

18. Facturación últimos meses
6 Últimos = 355.88
12 Anteriores = 653.00
Índice Facturación = 1.09

19. Contratación últimos meses
6 Últimos = 66.56
12 Anteriores = 128.00
Índice Contratación = 1.04

20. Estado financiero
Irregular = 0.00
Problemas leves = 0.00
Estable = 1.00
Capacidad Fin. = 0.00

21. Precio homog. - P. Ofertado
P. Ofertado = 169.00
P. Homoge. = 175.76
Índice PH - PO = 0.04

22. Precio Homog. - Coste estim.
P. Homoge. = 175.76
Coste Estimado = 165.21
Índice PH - CE = 0.06

Otros riesgos

Capacidad gestión
0% 65% 0%
ND. A. O.
Ajuste a plazo y r. i.

Capacidad técnica
0% 100% 0%
ND. A. O.
Ajuste a coste y r. i.

Ajuste a calidad y r. i.
0% 100% 0%
NA. A. MD.
Ajuste a calidad y r. i.

Política a seguir
plazot
Aleatorio
Evaluar
Inocap. No Desv. Acepta. Óptimo
37.82 0.70 0.00 0.61 0.00

Interés mostrado en la realización, incluido el tiempo de respuesta.

APR. Sistema de Apoyo a la Decisión para la Selección de Contratistas.
Archivos Aleatorio Opciones Evaluación Ayuda

<p>01. Experiencia obras análogas</p> <p>Nº Obras = 13 1%</p> <p>Experiencia en obras análogas en los últimos 15 años</p> <p>Similitud = 0.93</p> <p>Índice de Experiencia = 0.938</p>	<p>07. Asigna. otro personal téc.</p> <p><input type="checkbox"/> Insuficiente</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Aceptable</p> <p><input type="checkbox"/> Óptima</p>	<p>13. Cobertura de seguros</p> <p><input type="checkbox"/> Insuficiente</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Suficiente - Adecuada</p>	<p>19. Contratación últimos meses</p> <p>6 Últimos = 387.96 1%</p> <p>12 Anteriores = 536.00 1%</p> <p>Índice Contratación = 1.22</p>	<p>21. Precio homog. - P. Ofertado</p> <p>P. Ofertado = 25.00 1%</p> <p>P. Homog. = 25.75 1%</p> <p>Índice PH - PO = 0.03</p>
<p>02. Calidad contratista</p> <p>Baja = 0.00 1%</p> <p>Media = 0.00 1%</p> <p>Alta = 1.00 1%</p>	<p>09. Comprensión del proyecto</p> <p>Insuficiente = 0.00 1%</p> <p>Aceptable = 0.00 1%</p> <p>Óptima = 1.00 1%</p>	<p>14. Subcontratación</p> <p>Deficiente = 0.00 1%</p> <p>Aceptable = 0.00 1%</p> <p>Excelente = 1.00 1%</p>	<p>20. Estado financiero</p> <p>Insuficiente = 0.00 1%</p> <p>Problemas leves = 0.00 1%</p> <p>Estable = 1.00 1%</p> <p>Capacidad Fin = 0.00 1%</p>	<p>22. Precio Homog. - Coste estim</p> <p>P. Homog. = 25.75</p> <p>Coste Estimado = 23.43 1%</p> <p>Índice PH - CE = 0.10</p>
<p>03. Equipos y maquinaria propia</p> <p><input type="checkbox"/> Bajo <input type="checkbox"/> Medio <input checked="" type="checkbox"/> Alto</p>	<p>10. Adecuación métodos cons.</p> <p><input type="checkbox"/> Insuficiente - Baja</p> <p><input type="checkbox"/> Aceptable - Media</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Óptima - Alta</p>	<p>15. Interés mostrado</p> <p><input type="checkbox"/> Nulo</p> <p><input type="checkbox"/> Bajo</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Normal - Adecuado</p>	<p>Capacidad gestión</p> <p>0% 38% 0% 0%</p> <p>ND. A. D.</p> <p>Ajuste a plazo y r. i.</p> <p>0% 100% 100%</p> <p>NA. A. MD.</p>	<p>Capacidad técnica</p> <p>0% 100% 100%</p> <p>ND. A. D.</p> <p>Ajuste a calidad y r. i.</p> <p>0% 100% 100%</p> <p>NA. A. D.</p>
<p>04. Operarios de control propios</p> <p>Nº Operarios = 2 1%</p> <p>Grado de adecuación = 0.67</p>	<p>11. Accidentes 2 u. años</p> <p>Personal total = 116 1%</p> <p>A. mortales = 0 1%</p> <p>A. graves = 0 1%</p> <p>A. leves = 5 1%</p> <p>Índice Accidentabilidad = 0.04</p>	<p>16. Incumplimientos críticos</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ninguno</p> <p><input type="checkbox"/> Escasos - Ocasionalmente</p> <p><input type="checkbox"/> Gran Conflictividad</p>	<p>17. Incumplimientos secundarios</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ninguno</p> <p><input type="checkbox"/> Escasos - Ocasionalmente</p> <p><input type="checkbox"/> Gran Conflictividad</p>	<p>23. Otros riesgos</p> <p>0% 0% 0% 0%</p> <p>B. M. A.</p>
<p>05. Jefe de obra - encargados</p> <p>Escasos = 0.00 1%</p> <p>Aceptable = 0.00 1%</p> <p>Relevante = 1.00 1%</p>	<p>12. Programación y su ajuste</p> <p><input type="checkbox"/> No Realista</p> <p><input type="checkbox"/> Realista - No Se Ajusta</p> <p><input type="checkbox"/> Realista - Se Ajusta</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Realista - Mejora Objetivo</p>	<p>18. Facturación últimos meses</p> <p>6 Últimos = 277.76 1%</p> <p>12 Anteriores = 448.00 1%</p> <p>Índice Facturación = 1.24</p>	<p>Política a seguir</p> <p>plazotot</p> <p>Aleatorio</p> <p>Evaluar</p> <p>Inscep No Dese. Acepta. Óptimo</p> <p>0.60 0.80 1.00 0.00</p> <p>45.62</p>	<p>24. Ajuste a calidad y r. i.</p> <p>0% 4% 0% 0%</p> <p>NA. A. MD.</p>

Experiencia en obras análogas en los últimos 15 años.

Fig. 1. Diagrama de flujo del sistema de apoyo a la decisión.

El sistema de apoyo a la decisión se compone de los siguientes módulos:

- 1. Módulo de entrada de datos.
- 2. Módulo de procesamiento de datos.
- 3. Módulo de salida de resultados.

El módulo de entrada de datos recibe los datos de los contratistas y los almacena en una base de datos. El módulo de procesamiento de datos realiza los cálculos necesarios para determinar el grado de pertenencia de cada contratista a cada uno de los conjuntos difusos. El módulo de salida de resultados muestra los resultados de los cálculos en una pantalla.

El sistema de apoyo a la decisión se ejecuta en un computador personal. Los datos de los contratistas se ingresan a través de un teclado. Los resultados de los cálculos se muestran en una pantalla.

El sistema de apoyo a la decisión se ejecuta en un computador personal. Los datos de los contratistas se ingresan a través de un teclado. Los resultados de los cálculos se muestran en una pantalla.

El sistema de apoyo a la decisión se ejecuta en un computador personal. Los datos de los contratistas se ingresan a través de un teclado. Los resultados de los cálculos se muestran en una pantalla.

El sistema de apoyo a la decisión se ejecuta en un computador personal. Los datos de los contratistas se ingresan a través de un teclado. Los resultados de los cálculos se muestran en una pantalla.

El sistema de apoyo a la decisión se ejecuta en un computador personal. Los datos de los contratistas se ingresan a través de un teclado. Los resultados de los cálculos se muestran en una pantalla.

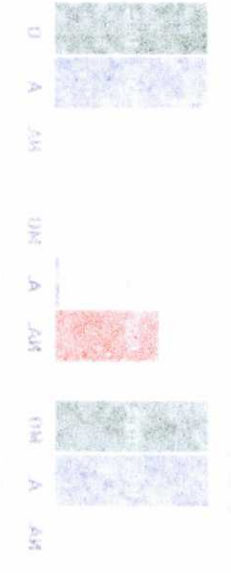
El sistema de apoyo a la decisión se ejecuta en un computador personal. Los datos de los contratistas se ingresan a través de un teclado. Los resultados de los cálculos se muestran en una pantalla.

El sistema de apoyo a la decisión se ejecuta en un computador personal. Los datos de los contratistas se ingresan a través de un teclado. Los resultados de los cálculos se muestran en una pantalla.

El sistema de apoyo a la decisión se ejecuta en un computador personal. Los datos de los contratistas se ingresan a través de un teclado. Los resultados de los cálculos se muestran en una pantalla.

El sistema de apoyo a la decisión se ejecuta en un computador personal. Los datos de los contratistas se ingresan a través de un teclado. Los resultados de los cálculos se muestran en una pantalla.

El sistema de apoyo a la decisión se ejecuta en un computador personal. Los datos de los contratistas se ingresan a través de un teclado. Los resultados de los cálculos se muestran en una pantalla.



AFPR. Sistema de Apoyo a la Decisión para la Selección de Contratistas.
Archivos Aleatorio Opciones Evaluación Ayuda

Aleatorio
Proyecto

01. Experiencia obras análogas
Nº Obras = 5
Similitud = 0.93
Índice de Experiencia = 0.93

02. Calidad contratada
Baja = 0.00
Media = 1.00
Alta = 0.00

03. Equipos y maquinaria propia
☐ Bajo ☐ Medio ☒ Alto

04. Operarios de control propios
Nº Operarios = 2
Grado de adecuación = 0.67

05. Jefe de obra - encargados
Escasos = 0.00
Aceptable = 1.00
Relevante = 0.00

06. Renovación personal 5a
Sustituciones = 19
Personal total = 273
Índice de Renovación = 0.07

07. Asigna. otro personal téc.
☐ Insuficiente
☐ Aceptable
☒ Óptimo

08. Estructura de organización
☐ Inadecuada
☐ Adecuada
☒ Óptima

09. Comprensión del proyecto
Insuficiente = 0.00
Aceptable = 1.00
Óptima = 0.00

10. Adecuación métodos cons.
☐ Insuficiente - Bajo
☐ Aceptable - Media
☒ Óptimo - Alta

11. Accidentes 2 u. años
Personal total = 273
A. mortales = 0
A. graves = 0
A. leves = 19
Índice Accidentabilidad = 0.07

12. Programación y su ajuste
☐ No Realista
☐ Realista - No Se Ajusta
☐ Realista - Se Ajusta
☒ Realista - Mejor Objetivo

13. Cobertura de seguros
☐ Insuficiente
☒ Suficiente - Adecuada

14. Subcontratación
Deficiente = 0.00
Aceptable = 1.00
Excelente = 0.00

15. Interés mostrado
☐ Nulo
☒ Bajo
☐ Normal - Adecuado

16. Incumplimientos críticos
☐ Ninguno
☒ Escasos - Ocasionalmente
☐ Gran Confirmitividad

17. Incumplimientos ocultos
☐ Ninguno
☒ Escasos - Ocasionalmente
☐ Gran Confirmitividad

18. Facturación últimos meses
6 Últimos = 357.38
12 Anteriores = 668.00
Índice Facturación = 1.07

19. Contratación últimos meses
6 Últimos = 148.85
12 Anteriores = 229.00
Índice Contratación = 1.30

20. Estado financiero
Insuficiente = 0.00
Problemas leves = 0.00
Estable = 0.00
Capacidad Fin. = 1.00

21. Precio homog. - P. Ofertado
P. Ofertado = 302.00
P. Homoge. = 314.08
Índice PH - PO = 0.04

22. Precio Homog. - Coste estim.
P. Homoge. = 314.08
Coste Estimado = 317.22
Índice PH - CE = -0.01

Capacidad gestión
0% 71% 0%
Ajuste a plazo y r. i. ND. A. O. Ajuste a calidad y r. i. ND. A. O.

Capacidad técnica
0% 100% 0%
Ajuste a coste y r. i. ND. A. O. Ajuste a calidad y r. i. ND. A. O.

Otros riesgos
0% 100% 0%
Ajuste a calidad y r. i. ND. A. O.

Capacidad gestión
0% 100% 0%
Ajuste a plazo y r. i. ND. A. O. Ajuste a calidad y r. i. ND. A. O.

Capacidad técnica
0% 100% 0%
Ajuste a coste y r. i. ND. A. O. Ajuste a calidad y r. i. ND. A. O.

Otros riesgos
0% 100% 0%
Ajuste a calidad y r. i. ND. A. O.

Política a seguir:
Aleatorio
Evaluación
Inscrp. No Dese. Acepta. Óptimo
0.35 0.00 0.78 0.00
51.60

APR. Sist

APR. Sistema de Apoyo a la Decisión para la Selección de Contratistas.
Archivos Aleatorio Opciones Evaluación Ayuda

01. Experiencia obras análogas
Nº Obras = 3
Similitud = 0.87
Índice de Experiencia = 0.522

02. Calidad contratada
Baja = 0.00
Media = 0.00
Alta = 1.00

03. Equipos y maquinaria propia
Bajo Medio Alto

04. Operarios de control propios
Nº Operarios = 3
Grado de adecuación = 1.00

05. Jefe de obra - encargados
Escasa = 0.00
Aceptable = 1.00
Relevante = 0.00

06. Renovación personal
Sustituciones = 6
Personal total = 108
Índice de Renovación = 0.06

07. Asigna. otro personal téc.
Insuficiente
Aceptable
Óptima

08. Estructura de organización
Inadecuada
Adecuada
Óptima

09. Comprensión del proyecto
Insuficiente = 0.00
Aceptable = 1.00
Óptima = 0.00

10. Adecuación métodos cons.
Insuficiente - Baja
Aceptable - Media
Óptima - Alta

11. Accidentes 2 u. años
Personal total = 108
A. mortales = 0
A. graves = 0
A. leves = 6
Índice Accidentabilidad = 0.06

12. Programación y su ajuste
No Realista
Realista - No Se Ajusta
Realista - Se Ajusta
Realista - Mejora Objetivo

13. Cobertura de seguros
Insuficiente
Suficiente - Adecuada

14. Subcontratación
Deficiente = 0.00
Aceptable = 0.00
Excelente = 1.00

15. Interés mostrado
Nulo
Bajo
Normal - Adecuado

16. Incumplimientos críticos
Ninguno
Escasos - Ocasionalmente
Buen Confijividad

17. Incumplimientos acurados
Ninguno
Escasos - Ocasionalmente
Buen Confijividad

18. Facturación últimos meses
6 Últimos = 435.38
12 Anteriores = 675.00
Índice Facturación = 1.29

19. Contratación últimos meses
6 Últimos = 156.49
12 Anteriores = 263.00
Índice Contratación = 1.19

20. Estado financiero
Inestable = 0.00
Problemas leves = 0.00
Estable = 0.00
Capacidad Fin. = 1.00

21. Precio homog. - P. Ofertado
P. Ofertado = 243.00
P. Homoge. = 235.71
Índice PH - PO = -0.03

22. Precio Homog. - Coste estim.
P. Homoge. = 235.71
Coste Estimado = 252.21
Índice PH - CE = -0.07

Capacidad gestión
0% 84% 0%
ND. A. O.
Ajuste a plazo y r. i.

Capacidad técnica
0% 100% 0%
ND. A. O.
Ajuste a calidad y r. i.

Otros riesgos
0% 100% 0%
B. M. A.
Ajuste a calidad y r. i.

Política a seguir:
plazot
Aleatorio
Evaluar
Inacep. No Dise. Acepta. Óptimo
70.00 0.00 0.45 0.00



pag. AIV - 25

CURRICULUM VITAE

Ricardo Javier Bendaña Jácome nació en Ourense el 1 de agosto de 1961 en Ourense. Es ingeniero industrial por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Madrid en la especialidad Mecánica. Es Técnico Superior en Prevención en la especialidad de Seguridad.

Ha trabajado en Pretensados del Louro S.A. durante varios años desarrollando su actividad en oficina técnica en las labores de cálculo de estructuras de edificaciones y de elementos de hormigón prefabricado así como en la dirección de montajes a pie de obra.

Posteriormente ha trabajado en la Consellería de Xustiza Interior e Relacións Laborais de la Xunta de Galicia, realizando tareas de inspección de obras de construcción para la propia Consellería y para la Inspección Provincial del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, así como peritaciones en juicios, revisión de proyectos de construcción para la concesión de licencias, etc.

Ha sido profesor en los Cursos Organizados por la Sección de Formación de la propia Consellería y ha desarrollado múltiples aplicaciones informáticas para la misma.

Posteriormente ha desarrollado su labor en el Instituto Ourenseño de Desarrollo Económico, dependiente de la Diputación Provincial de Ourense como supervisor de proyectos para concesión de ayudas de la Xunta de Galicia y de la Unión Europea a través de sus planes de desarrollo (Leader, Leader II, Proder, etc). Ha realizado numerosos estudios de viabilidad de los mismos tanto a nivel económico como técnico.

Es subdelegado del Colegio de Ingenieros Industriales de Ourense desde el año 1996.

Ha impartido cursos de diversa índole en la Escuela Gallega de Administración Pública y Confederación de Empresarios de Ourense entre otras.

Ha sido profesor asociado de la asignatura Informática Gráfica en la E.U.I.T. de Informática de Gestión y de las asignaturas Expresión Gráfica y Cartografía y Diseño Asistido por Ordenador en la E.U.I.T. Agrícola de Ourense.

Actualmente es profesor a tiempo completo en la E.U.I.T. Agrícola de Ourense en donde imparte las asignaturas de Proyectos y Cálculo de Estructuras y Construcción.

UNIVERSIDADE DA CORUÑA
Servicio de Bibliotecas



1700744223